A 2388.66.

BHS III 34-2

Bayerische Berg-, Hütten- und Salzwerke
Bibliothek
Gruppe III
Lit. Nr. 34
Aktien-Gesellschaft

BIBLIOTHEK
DER K:B:GENERAL:
BERGW:U:SALINEN
ADMINISTR.

# Anleitung
zur
# Technologie.

von

P. H. C. Brodhagen
Prof. der Mathematik.

---

Zweiter Theil,
welcher die technische Mechanik enthält.

Mit 13 Kupfertafeln.

---

Hamburg,
bei Bachmann und Gundermann.
1803.

Gemeinnützige

# Encyclopädie

für

# Handwerker, Künstler

und

# Fabrikanten

oder

die ersten Kenntnisse

der

# Mathematik, Physik, Chemie und Technologie

zum Nutzen des bürgerlichen Lebens

von

P. H. C. Brodhagen

Prof. der Mathematik.

---

Dritter Band, zweiter Theil,

mit 13 Kupfertafeln,

neue ganz umgearbeitete Auflage.

---

Hamburg,

bei Bachmann und Gundermann.

1803.

KBT

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Die Schraube ohne Ende . v. § 138 bis § 141.
Vom Reiben . . ; 141 bis 157.

## Dritter Abschnitt.

### Die Hydrost. od. die Lehre vom Gleichgew. der flüßig topfb. Körper.

Unterschied der Flüßigkeiten . v. § 157 bis § 159.
Gestalt und Druck des Wassers im Gefäße . . ; 159—165.
Anlegung der Springbrunnen, welche durch ihre eigne Schwere das Wasser springend machen . . ; 165—167.
Beweis des hydrostatischen Satzes, daß eine enge Röhre Wasser mit einer weiten das Gleichgewicht halte . ; 167—169.
Abwiegen des Wassers und Bestimmung dessen Gewicht . . ; 169—172.
Druck des Wassers auf eine Cylinderfläche, durch eine enge Röhre . ; 172—174.
Vom Seitendrucke des Wassers . ; 174—185.
Vom Gleichgewichte flüßiger Körper mit festen, die sich in ihnen befinden ; 185—201.

Tabelle der eigenthümlichen Schwere
der verschiedener Körper . v. § 201 bis § 202.
Gebrauch dieser Tabelle . . ; 202 — 205.
Probiren der Metalle durch das Ab:
wägen im Wasser . . ; 205 — 209.
Beschreibung des Hydrometers . . ; 209 — 212.

## Vierter Abschnitt.

### Die Aerometrie, oder die Lehre vom Gleichgewichte flüßig-elastischer Körper.

Versuch von dem Daseyn und der
Elasticität dieses Körpers . v. § 212 bis § 216.
Erklärung der Taucherglocke . . v. § 216 — 218.
Druck und Gleichgewicht der Luft . ; 218 — 220.
Röhre des Torricelli . . ; 220 — 226.
Wärme und Kälte als Wirkungen
auf der Luft und den daraus entste:
henden Rauchen der Kamine nnd
Schornsteine . . . ; 226 — 228.
Die Saugepumpe . . ; 228 — 231.

Der

Der Heber . . v. §231 bis §234.
Das Barometer . . . : 234—241.
Gebrauch des Barometers beim Höhe
messen . . . : 241—245.
Die Luftpumpe . . : 245—249.
Gewicht der Luft . . . : 249—252.
Der Schall . . . : 252—256.
Die Entstehung des Windes . . : 256—259.
Die Windbüchse . . . : 259—260.
Die Luftballons . . . : 260—268.

## Fünfter Abschnitt.

## Die praktische und technische Mechanik.

Kräfte, wodurch die Maschinen be-
wegt werden . . . : 268—269.
Eintheilung in lebende und leblose.
1) Lebende . . . : 269—275.
2) Leblose . . . : 275—276.
Berechnung der Geschwindigkeit des
Wassers beim Falle desselben . : 276—279.
Beispiele über die Geschwindigkeit des
Wssers . . . : 279—283.

Versuche von Mariotte . v. § 283 bis § 284.
Tafel von dem Herrn Bossut nebst
den Resultaten aus derselben . . ; 284—286.
Mariotte Tabelle über die in einer Mi-
nuten auslaufende Menge Wasser ; 286—288.
Ausfluß des Wassers in einer Minute,
eines Gefäßes, durch eine runde Oef-
nung, und die hierhergehörige Ta-
belle . . . ; 288—289.
Von den verschiedenen Maßen, dessen
man sich zur Abmessung des Was-
sers bedient . . ; 289—293.
Versuche nnd Rechnungen über solche
Gefäße, die ganz auslaufen . . ; 293—297.
Etwas von der Bewegung des Was-
sers in den Flüssen und Kanälen ; 297—302.
Von den Mühlenwerken . . ; 302—203.
Geschichte der Mühlen . . ; 303—309.
Von den unterschlächtigen Mühlen . ; 309—312.
Berechnung einer unterschlächtigen
Mahlmühle. Allgemeine Vorberei-
tung . . . ; 312—328.

Pan-

Panstermühlen . . v. §328 bis §331.
Von den oberschlächtigen Mühlen . ; 331—336.
Die Graupenmühle . . ; 336—339.
Die Schiffmühlen . . ; 339—341.
Die horizontale Wassermühle . . ; 351—342.
Von den Windmühlen . . ; 342—346.
Theorie der Windmühle . . ; 346—351.
Berechnung der Windmühle . . ; 351—355.
Berechnung der Roß- und Handmühlen . . . . ; 355—360.
Die Handmühlen . . . ; 360—366.
Die Stampfmühlen . . ; 366—371.
Gestalt der Däume . . ; 371—375.
Die Papiermühle. Geschichte des Papiers . . . ; 375—380.
Beschreibung und Einrichtung des Lumpenschneiders . . ; 380—383.
Beschreibung der Stampf- oder Hammermühle . . ; 383—392.
Die Holländischen Windmühlen . ; 392—393.

Das Papiermachen und alles was da:
mit in Verbindung steht . v. § 393 bis § 404.
Die Oelmühle . . : 404 — 405.
Verzeichniß der vornehmsten fetten Oe:
len . . . . : 405 — 409.
Beschreibung der Mühle selbst . . : 409 — 410.
Verarbeitung des Oels . . : 410 — 411.
Einrichtung der holländischen Oelmühle : 411 — 412.
Die ätherischen od. flüchtigen Oelen . : 412 — 413.
Die Gewinnung des Thrans, oder die
Thranbrennerei . . : 413 — 416.
Wachsbleicherei . . . : 416 — 419.
Die Seifensiederei . . : 419 — 426.
Ruß, und dessen Gebrauch . . : 426 — 429.
Andere verschiedene brauchbare Fir:
nisse . . . : 429 — 432.
Goldlack . . . : 432 — 433.
Die Holzsägemühle und Marmormühle : 433 — 441.
Die Bohrmühlen . . . : 441 — 443.
Die Zubereitung des Tabacks . . : 443 — 451.

## Beschreibung verschiedener Maschinen, wodurch das Wasser entweder mit oder ohne Luft gehoben wird.

Weitere und umständliche Beschreibung eines Hebers . . v. §451 bis §453.
Der Heronsbrunnen mit einem andern ihm ähnlichen . . § 453.—456.
Weitere Ausführung der Saugepumpe . . . § 456—458.
Berechnung der Saugepumpen . . § 458—466.
Die Bewegung der Saugepumpe . § 466—474.
Von den Kunsträdern und Feldgestängen . . . § 474—480.
Die Druckpumpe . . . § 480—485.
Die Feuerspritze . . . . § 485—489.
Maschinen, bei welchen der Mechanismus das mehrste thut . . § 492—494.
Schleusen, Einrichtung derselben . § 494—502.

## Maschinen, die theils durch die eigne Schwere das Wasser heben, theils durch eine äussere Kraft dasselbe in die Höhe bringen.

Die archimedische Wasserschraube v. §502 bis §. 503

Die

Die Schöpfräder . v. §503 bis §504.
Die Schaufel: oder Wurfräder . . ; 504 — 505.
Die Kastenkünste . . . ; 505 — 506.
Paternoster der Püschelwerke . . ; 506 — 509.
Schaufelwerk . . . ; 509 — 510.

Anmerkung zur Seite 351.

## Die Uhrwerke, oder die Maschinen, welche durch Federkraft oder Gewicht, auch durch Dünste in Bewegung gesetzt werden.

Geschichte der Uhren . . v. §. 510 bis §511.
Beschreibung einer Taschen: Uhr . ; 511 — 521.
Die Pendel: Uhr . . ; 521 — 532.
Die Dampf: Maschine . . ; 532 — 541.

# Vorrede.

Der versprochene zweite Theil meiner Tech-
nologie, erscheint hier von eben der Grösse und
Bogenzahl als der erste, und hoft eben die
gütige Aufnahme und Nachsicht in Beurthei-
lung des Ganzen von dem geneigten Publikum
zu erwarten, als die ersten Theile dieser kleinen
Encyclopädie sich rühmen können erhalten zu
haben.

Dieser Band enthält vorzüglich die mecha-
nischen Wissenschaften, in so ferne diese, als
Hülfsmittel für die Bearbeitung oder Vered-

lung der rohen Produkte unentbehrlich sind, die durch Maschinen veranstaltet werden.

Um also das verwickelte, welches gewöhnlich bei der Anlage und der Einrichtung solcher Maschinen vorkömmt, gehörig, und mit Kenntnisse zu beurtheilen, um dadurch die Fehler ausweichen zu lernen, welche man vorzüglich bei der Unkunde mathematischer Kenntnisse begeht; so habe ich in den ersten drei Abschnitten gesucht, den Lesern und Anfängern mit den vorzüglichsten Lehren der mechanischen Wissenschaften, vorläufig bekannt zu machen, ehe ich das Nöthige von der technischen Mechanik, erläuterte. Für Handwerker, Manufakturisten und Fabrikanten, halte ich einen solchen Vortrag am zweckmäßigsten. Denn ich habe, während mei-

nes zwölfjährigen öffentlichen Vortrages für mehr als 200 Zuhörer, worunter ich weit über die Hälfte, bloß Handwerker zählte, erfahren, wie viel gewonnen wird, wenn Künstler und Handwerker mit den ersten Kenntnissen derselben bekannt gemacht werden. Sehr viele von diesen Personen geben sich die größte Mühe, und wenden einen unermüdeten Fleiß an, um sich mit den Anfangsgründen der Mathematik vertraut zu machen, wovon sie in ihrem Jugend-Unterricht, und in ihren Lehrjahren, nie etwas gehöret haben. Mögte doch einmal in unserm Deutschlande, auf einen bessern und zweckmäßigern Unterricht für unsere Handwerker gesehen werden! Der jetzige ist fast noch immer der verkehrte.

Unsere, um die Menschheit so sehr verdiente, patriotische Gesellschaft, hat diesen Unterricht zuerst bei uns hervorgerufen; hat Handwerker und Einwohner ihrer Stadt aufgemuntert, Antheil an diesen nützlichen Unterricht zu nehmen; hat Veranlassung gegeben, daß vielleicht durch diese kleine Schriften, so manches gute und lehrreiche unter Handwerker und Professionisten gestiftet und verbreitet worden sei.

Aus dieser Schule, sind andere, sogenannte Sonntagsschulen, entstanden, welche die Handwerker unter sich an andere ihres Gleichen geben, und zwar in den Anfangsgründen der Arithmetik, Geometrie, Zeichnen, sowohl in freier Hand als in architectonischen Arbeiten. Diese Sonntagsschulen haben hundert und mehrere Schüler. Ausser den Kenntnissen, die dem Handwerker so

nützlich zu seinem Handwerke sind, was gewinnt dabei er nicht an seinem moralischen Charakter? Was nicht in seinem bessern und bildenden Umgange mit seines Gleichen? Mit diesen Kenntnissen ausgerüstet, mit welchem große, Vortheile kann er seine Reisejahren und den Besuch fremder Oerter nicht benutzen, die der bisherige größte Theil oft zu seinem Schaden und zu seiner Verdorbenheit der Sitten vollführet hat. Daher haben wir so viele Stümper von Handwerkern, die nichts gesehen und gehöret haben, unwissender und verdorbener ins Vaterland wieder zurückkommen, als sie es verlassen haben. Doch ich breche hier von dieser Materie ab, die in einiger Hinsicht in unserm Vaterlande noch so sehr vernachläßiget, oder anderen Bildung fast auf keine Weise, gedacht wird.

In der Ordnung des Vortrages bei diesem neuen Theil, bin ich nicht von der, welcher ich bei der ersten Auflage folgte, anders abgegangen, als daß ich das Mathematische von dem Technischen abgesondert habe, und allenthalben, wo es nöthig war, Zusätze hinzufügte, und, wenn man will, mit Anmerkungen nach meinen Vermögen bereicherte. Die Geschichte der Erfindung ist keinesweges beim Vortrage vernachläßiget, und da angebracht worden, wo ich wußte, daß sie bei Handwerkern einen starken Eindruck macht, und hin und wieder Nachahmer erregt. Herr Hofrath Beckmann hat ohnstreitig über dieses Fach, so wie über die ganze Technologie, von allen deutschen Gelehrten, die mehrsten Verdienste. Ich verdanke demselben vieles. Eben dieses muß ich

von

von meinem vortreflichen Lehrer, dem verstorbenen Büsch, hier ganz laut und öffentlich bekennen. Durch ihn selbst bin ich zu seinem Nachfolger gebildet, und durch seine verdienstvollen und gemeinnützigen Schriften habe ich den Grund zu meinen geringen Kenntnissen gelegt, mit welchen ich gegenwärtig vielleicht meiner Mitmenschen und der Bildung der Jugend nützlich werde. Ich hoffe, diese kleine Ausschweifung von dem Vortrage einer gewöhnlichen Vorrede, die der Verfasser eines Buchs dem Publikum schuldig ist zu geben, wird das Publikum bewegen, es nicht von der unrechten Seite anzusehen und auszulegen.

Die vorausgeschickten Kenntnisse der reinen Mechanik setzten mich nun in den Stand, meine

Leser und Zuhörer, mit der praktischen oder vielmehr technischen Mechanik bekannt zu machen. Was die Theorie der Rechnungen betrift, die bei der Bewegung der Maschinen und der Beurtheilung der dazu erforderlichen Kräften nöthig zu wissen sind, habe ich keine andere gebraucht, als diejenigen, die der Leser in den ersten drei Theilen dieser Encyclopädie antrift.

Die Sätze, welche ohne höhere Rechnung verstanden werden können, habe ich gewählt, und von den erstern, blos die Resultate angeführt. Viele Beispiele dieser Art, habe ich aus Karstens Lehrbuch der Mathematik, genommen.

Die eigentlichen technologischen Aufsätze haben größtentheils ihren Platz in der praktischen

Mechanik gefunden, wo die Maschinen hauptsächlich vorkommen und abgehandelt werden, die das Produkt des technischen Gegenstandes zu einer grösern Vollkommenheit bearbeiten.

Aus dem Grunde kommen in vorliegenden Theile auch nicht so viele einzelne Gewerbe vor, als im ersten, weil diese, bei der Auseinandersetzung und Erklärung der Theile, aus welcher die Maschine zusammengesetzt ist, einen viel grössern Platz einnehmen, als bei solchen, die sich auf Hand-, oder kleine chemische Arbeiten gründen. Eben dieses Raums wegen, mußte ich manches übergehen, was ich in diesen Theil gerne noch hineingebracht hätte, wohin ich vorzüglich die Münzkunst, der Eisen- und Kupfer-Hammer, die Drathzüge ꝛc.ꝛc. rech-

rechne. Diese, nebst andere, die vorzüglich sich auf die Bearbeitung der thierischen Produkte beziehen, muß ich auf den dritten Theil dieser Technologie verspahren, den ich sobald als möglich zu liefern, verspreche.

Hamburg, im Februar 1803.

Inhalts-

# Inhalts-Verzeichniß.

---

## Erster Abschnitt.


Von der Bewegung überhaupt von § 1 bis § 14.
Bewegungen, welche von der Schwere herrühren . . . ; 14—20.
Fall der Körper auf einer schiefen Ebene ; 20—24.
Vom Pendel . . ; 24—39.
Von der Wurfbewegung . . ; 39—50.


## Zweiter Abschnitt.

### Die Statik, oder die Lehre vom Gleichgewichte fester Körper.


Erklärung des gradlinigten Hebels, so: wohl der ersten als der zweiten Art v. § 50 bis § 55.
Gesetze vom Gleichgewichte des Hebels ; 55—59
Materieller Hebel; Winkelhebel, Muskeln ꝛc. . . ; 59—64.


Schwer-

Schwer- und Unterstützungspunkt des
Hebels . . v. § 64 bis § 67.
Die Erklärung der Waage . . § 67—71.
Etwas allgemeines über die Lage des
Schwerpunkts eines Körpers über-
haupt . . § 71—75.
Die Rolle . . . § 74—79.
Das Rad an der Axe . . § 79—89.
Die schiefe Fläche . . § 89—93.
Die Schraube . . § 93—103.
Der Keil . . . v. 103—107.
Der zusammengesetzte Hebel . § 107—109.
Zusammensetzung der Rollen . . § 109—113.
Zusammensetzung der Räder . . § 113—126.
Die Eintheil. d. Räder, der Getriebe
und der Trillinge . . § 126—130.
Eintheilung eines Stirnrades . § 130—132.
§ § Kammrades . § 132—133.
Zusammensetzung der schiefen Fläche
mit andern einfachen Maschinen . § 133—134.
Die Scheldonsche Maschine, . § 134—138.

Die

# Erster Abschnitt.

## Von der Bewegung überhaupt.

1.

Indem wir einen Körper theilen, so trennen wir dadurch die Theile desselben gewissermaßen von dem Körper, und eben dadurch verändern sie ihren Ort. Dies nennen wir sich bewegen Verändert demnach ein Körper seinen einmal eingenommenen Ort, so sagen wir von ihm, daß er sich bewege. Ohne Bewegung würde die Natur todt sein. Den Ort des Körpers, oder den Raum, den er irgendwo im Weltraum einnimmt, bestimmen wir durch die Lage desselben gegen andere Körper; verändert er diese, so nehmen wir an ihm eine Bewegung gewahr. Diejenige mathematische Wissenschaft, die von der Bewegung der Körper handelt, heißt die Mechanik.

2.

Die Ursache der Bewegung kennen wir nicht. Wir wollen indessen alles, was eine Bewegung hervorbringt oder hindert, eine Kraft nennen. Wenn wir uns von der Bewegung eines Körpers, wie §. 1. bemerkt worden ist, überzeugen wollen, so vergleichen wir die Veränderung seines Orts mit dem Orte eines andern, oder auch mit dem von mehreren Körpern. Nun können sich alle diese Körper bewegen, ohne daß sie ihre Entfernung von einander verändern; oder der eine Körper bleibt

in Ruhe; oder er bewegt sich auch und wir sehen den andern sich von ihm entfernen. Diese letztere Bewegung heißt die relative, weil sie sich auf die Bewegung eines andern Körpers bezieht. Hingegen heißt die erste Art, da der eine Körper in Ruhe bleibt, die absolute Bewegung. Da wir aber einen solchen Punkt nicht angeben können, so haben wir nur mit relativen Bewegungen zu thun.

3.

Wir können einem Körper eine Bewegung beilegen, die er würklich nicht hat, weil sich ein anderer Körper bewegt, dessen Bewegung wir nicht fühlen. So geht es einem Menschen, der sich auf einem Schiffe befindet, und dem es vorkommt, als wenn sich das ihm zur Seite liegende Ufer, fortzurücken scheint, da dieses doch blos von seiner eignen Bewegung herrührt. Eben so kommt es uns vor, daß alle Sterne an der Himmelskugel sich innerhalb 24 Stunden um uns herumdrehen, da diese scheinbare Bewegung doch blos von der Umwälzung der Erde um ihre Axe während 24 Stunden herrühret. Ein Irthum, worin die Menschen viele Jahrhunderte hindurch gelebt, und zu allerlei falschen Folgerungen Veranlaß gegeben hat.

Aus diesem Grunde theilt man die Bewegung der Körper in die wahre und scheinbare ein.

4.

Ein bewegter Körper kann einem andern, der entweder in Ruhe ist, oder sich auch langsamer bewegt,

wegt, einen Stoß geben, wodurch der letztere seinen Ort verändert, oder auch mit dem erstern sich fortbewegen muß. Man nennt dies eine mitgetheilte Bewegung.

5.

Richtung heißt diejenige Linie, nach welcher sich der Körper oder allenfalls ein Punkt desselben, (wenn man nemlich voraus setzt, daß alle Punkte des Körpers sich auf gleiche Weise bewegen) bewegt. Die beschriebene Linie ist die Bahn des Körpers. Ist die Richtung unveränderlich, so beschreibt der bewegende Punkt eine grade Linie; ändert sich aber die Richtung unaufhörlich, so beschreibt der bewegende Punkt eine krumme Linie. Die Richtung dieses Punkts wird in jeder Stelle der Bahn, durch die Tangente derselben, bestimmt.

6.

Ruhe, absolute oder relative, ist völlig der Bewegung, sie sei absolut oder relativ, entgegen gesetzt. Ruhe muß nicht mit Gleichgewicht verwechselt werden. Unter diesem letztern versteht man in der Lehre vom Gleichgewicht der Körper, wenn zwei oder mehrere Körper in eine solche Lage gesetzt werden, daß sie sich unter einander selbst, vermöge ihres gleichen Gewichts, Drucks oder Zugs, an der Bewegung hindern.

7.

Vergleicht man die in einer Zeit zurückgelegten Räume zweier Körper mit einander, so erhält man

den Begriff von der Geschwindigkeit. Derjenige von den beiden, der in eben der Zeit einen längern Weg zurücklegt, von dem sagen wir, daß er sich geschwinder bewege.

Wenn ein Mensch zu Fuße in zwei Stunden eine deutsche Meile zurücklegt, zu Pferde aber in eben der Zeit einen noch mal so großen Raum macht, so ist seine Geschwindigkeit in der letztern Zeit noch mal so groß, als in der erstern.

Dividirt man den Raum mit der Geschwindigkeit, so giebt der Quotient die Zeit. Und multiplcirt man die Geschwindigkeit mit der Zeit, so giebt das Produkt den Raum.

Ein Körper bewege sich z. B. mit der Geschwindigkeit von 50 Fuß in einer Secunde, so legt er in 6 Secunden einen Raum von 300 Fuß zurück. *)

*) Anmerk. Für diejenigen unserer Leser, welche mit den Gründen der Buchstaben-Rechnung bekannt sind, mögen obige Gesetze von der Bewegung der Körper, durch folgende kleine Formeln, leicht verständlich sein. Die Geschwindigkeit eines bewegten Körpers sei = V; der zurückgelegte Raum = S; die Zeit = T; so ist $V = \frac{S}{T}$. v, f, t bedeute dasselbe für einen andern sich bewegenden Körper, so ist $v = \frac{f}{t}$ und man hat

$$V : v = \frac{S}{T} : \frac{f}{t}; \text{ folglich } V f T = v S t$$

demnach $V : v = f T : S t$.

Sind die Zeiten sich gleich, oder $T = t$, so erhält man $V : v = S : f$. Die Geschwindigkeiten zweier Körper verhalten sich demnach direct, wie die Räume. Der Schall durchläuft in einer Secunde einen Raum von 1000 Fuß, und eine Kanonenkugel in eben dem Zeitraum 1500 Fuß; folglich verhalten sich die Geschwindigkeiten wie $1000 : 1500 = 2 : 3$.

Sind aber die Räume sich gleich, das heißt $S = f$, so ist $V : v = t : T$, oder die Geschwindigkeiten verhalten sich umgekehrt, wie die Zeiten.

Aus $V = \frac{S}{T}$ folget $S = V T$. Eben so ist

$f = v t$. Folglich $S : f = V T : v t$.

Ist nun $T = t$, so ist $S : f = V : v$ oder die Räume verhalten sich wie die Geschwindigkeiten. Nimmt man $V = v$, so ist $S : f = T : t$, oder die Räume verhalten sich wie die Zeiten.

Ferner folgt hieraus, daß $V = \frac{S}{T}$ und $T = \frac{S}{V}$.

Also auch $t = \frac{f}{v}$ und daher

$$T : t = \frac{S}{V} : \frac{f}{v}; \text{ mithin } T : t = S v : f V.$$

Ist

Ist S = l; so ist T : t = v : V; oder die Zeiten stehen im umgekehrten Verhältnisse der Geschwindigkeiten. Ist aber v = V, so ist T : t = S : l, oder die Zeiten stehen im graden Verhältnisse der Räume.

8.

Gleichförmig heißt die Bewegung eines Körpers, wenn er in gleichen Zeittheilen, gleiche Räume zurücklegt: ungleichförmig, wenn dieses nicht der Fall ist. Die Bewegung heißt beschleunigend, wenn der Körper in der folgenden Zeit einen größern Raum zurücklegt, als in der erstern. Abnehmend ist die Bewegung im umgekehrten Falle.

9.

Die Kraft, die den Körper in Bewegung setzen soll, muß in die ganze Masse des Körpers vertheilet werden; das heißt, jeder Theil des Körpers muß eine gleiche Geschwindigkeit haben. Je mehr Masse oder Materie ein Körper hat, desto mehr widersteht er der Bewegung. Es scheint, als wenn jeder Körper etwas in sich schließe, wodurch er nicht nur die Bewegung, sondern auch die Ruhe hindern wolle. Viele nennen dies eine beiwohnende Kraft (Kraft der Trägheit.) Aber der Zustand eines Körpers kann wohl nicht gut eine Kraft heissen, wodurch sich der Körper sowohl bei der Bewegung als bei der Ruhe, leidend verhält. Besser nenne man diese Erscheinung schlechtweg Trägheit, und noch besser: Beharrungsvermögen. Bei jedem Körper, den wir aus der Ruhe in Bewe-

gung

gung setzen wollen, oder umgekehrt, finden wir diesen Widerstand, der auch von keiner bestimmten Größe ist, sondern sich blos nach der Menge der Materie richtet. Das Beharrungsvermögen eines Körpers hängt alsc von der Masse desselben ab.

10.

Die Kraft, welche den Körper bewegen soll, muß auf alle Theile desselben wirken. Je mehr Masse demnach ein Körper hat, desto mehr Kraft ist nöthig, um denselben in Bewegung zu setzen, und ihm eine verlangte Geschwindigkeit zu geben. Multiplicirt man die Masse eines Körpers mit seiner Geschwindigkeit, so heißt das Produkt die Größe oder die Quantität der Bewegung. Die Größe der Bewegung eines Körpers hängt also nicht nur von der Masse, sondern auch von der Geschwindigkeit des bewegenden Körpers ab. Die Masse einer kleinen bleiernen Kugel ist unbedeutend, wird sie aber aus einer Flinte geschossen, so ist ihre Wirkung sehr gefährlich. Diese hängt also von der Geschwindigkeit ab, die sie von der Entzündung des Schießpulvers erhält. Eine Kanonenkugel wird bei weitem den Schaden nicht thun, wen sie aus der freien Hand geworfen, als wenn sie aus der Kanone geschossen wird.

11.

Haben zwei Körper gleich viel Masse, aber bewegen sich mit verschiedener Geschwindigkeit, so verhalten sich ihre Wirkungen, wie ihre Geschwindigkeiten.

Der

Der Fall trift umgekehrt ein, wenn sie sich gleich geschwinde bewegen, aber verschiedene Massen haben. *)

*) Anmerk. Allgemein lassen sich diese Sätze so darstellen: Q sei die Größe oder Quantität der Bewegung; M die Masse des Körpes und V die Geschwindigkeit desselben; so ist $Q = M\ V$. q, m v, bedeute eben dasselbe für einen andern Körper; folglich ist $q = m\ v$ und daher $Q : q = M\ V : m\ v$. Ist $M = m$, so ist $Q : q = V : v$ und ist $V = v$, so erhält man $Q : q = M : m$.

Aus $Q = M\ V$ ergiebt sich $M = \frac{Q}{V}$ und

$V = \frac{Q}{M}$.

## 12.

Die Größe der Bewegung eines Körpers würde immer dieselbe bleiben, wenn keine äussere Ursachen seiner Bewegung entgegen wirkten. Und diese sind:

1) Derjenige Körper (Luft oder Wasser) in welchen die Bewegung geschieht.

2) Die Fläche des bewegenden Körpers.

3) Seine eigne Geschwindigkeit, und

4) Das Reiben des Körpers, entweder an der Fläche, worauf er sich bewegt, oder auch das Reiben der Theile an einander, wodurch er sich bewegt.

Da wir diese Hindernisse unmöglich ganz aus dem Wege räumen können, so sieht man leicht, daß eine

Mas

Maschine von einer beständigen Bewegung zu verfertigen, ein Unding sei.

13.

Wirken mehrere Kräfte auf einen Körper, so wird er eine Bewegung annehmen, die aus den verschiedenen Kräften als zusammengesetzt anzusehen ist. Wenn ein Körper P (Fig. 1. Tab. 1.) von zwei Kräften, die nach verschiedenen Richtungen zu gleicher Zeit auf ihn wirken, gleichförmig bewegt wird, und die Geschwindigkeit, oder die Räume, durch die Linien A B und A C angedeutet werden, so wird der Körper weder der einen noch der andern Richtung folgen, sondern sich nach der Richtung A D bewegen, von welcher die Geometrie beweist, daß sie die Diagonallinie des Parallelegrams A B C D sei, das aus den beiden Richtungen A B und A C zusammengesetzt ist. Der Weg, oder die Geschwindigkeit, den der Körper auf die Art nimmt, verhält sich zu dem nach A B, wie A D: A B.

So gut zwei Kräfte sich in eine einzige verwandeln lassen, eben so läßt sich auch einzige Kraft in zwei andere zerlegen. Wir werden in der Folge noch oft Gelegenheit haben, von diesem Satze Gebrauch zu machen.

## Bewegungen, welche von der Schwere herrühren.

14.

Jeder, nicht unterstützter Körper, wird an eben demselben Orte der Erde, mit gleicher Geschwindig-

keit

kelt zur Erde fallen. Diese Erfahrung können wir auf der Oberfläche der Erde, auch noch in einiger Entfernung von derselben, allenthalben anstellen. Diejenige Kraft, welche die Körper zum fallen bringt, heißt die Schwere oder die Schwerkraft. Die Ursache derselben kennen wir eben so wenig, als viele andre Kräfte in der Natur. Wir können weiter nichts thun, als uns um die Wirkung dieser Erscheinung zu bekümmern, und so viel als möglich, die Gesetze, nach welchen der Fall der Körper geschieht, herauszubringen suchen. Die Linie, nach welcher die Körper fallen, heißt die Richtung der Schwere oder die Schwerlinie. Eine Ebene senkrecht auf sie gelegt, heißt eine wasserrechte oder horizentale Ebene; und eine in dieser Ebene gezogene Linie, eine wasserrechte oder Horizontallinie, worauf also die Schwerlinie senkrecht steht. Wäre unsere Erde eine vollkommene Kugel, so würden sich alle Schwerlinien in den Mittelpunkt der Erde durchschneiden. Da aber die Erde ein Sphäroid ist, so geschieht dies nur von zwei Linien, die durch die beiden Pole und den Aequator gehen. Die Schwerkraft nimmt auch ab, je näher man dem Aequator kommt, und ist unter den Polen am größten, folglich ist die Wirkung der Schwere unter dem Aequator am kleinsten.

15.

Derjenige Körper, der einen andern aufhält, daß er nicht falle, wird von der Schwere oder dem Gewichte

wichte des Körpers gedrückt. Der Druck eines ruhenden Körpers bleibt sich immer gleich, welches aber nicht beim Falle eines Körpers Statt findet. Denn die Geschwindigkeit, welche der freifallende Körper für den Augenblick hat, ist nicht nur bleibend, sondern wird mit jedem Augenblick vermehrt, erhält also einen neuen Zusatz von Geschwindigkeit. Der fallende Körper beschreibt daher eine gleichförmig beschleunigte Bewegung. Dessen ohngeachtet bleibt Schwere und Gewicht des fallenden Körpers immer unveränderlich. Alle Theile eines Körpers fallen mit gleicher Geschwindigkeit zur Erde. Ein Gewicht von hundert Pfunden fällt mit eben der Geschwindigkeit als ein Pfund oder ein Loth, wenn nur keine äussere Ursachen eintreten, die es zu verhindern suchen.

16.

In gleichen Zeiten, vom Anfange des Falles angerechnet, läßt sich mathematisch erweisen, daß sich die Räume wie die ungraden Zahlen 1, 3, 5, 7, 9, 11 u. s. w. verhalten. Weiß man also den Raum in der ersten Secunde, so ist er für die zweite Secunde 3mal, für die dritte 5mal u. s. w. so groß als in der ersten. Addirt man die ganzen Räume, so erhält man 1, 4, 9, 16, 25, 36 ꝛc. welches die Quadratzahlen der Zeiten oder der Geschwindigkeiten sind.

17.

Durch die Erfahrung hat man gefunden, daß die Schwere einem Körper in einem luftleeren

Raum,

Raum, in einer Secunde 15 Fuß, genauer 15,625 Rheinl. Fuß zur Erde treibt, also wird r in 2 Secunden 4mal so tief falleu, in 3 Secunden 9mal u. s. w. als in der ersten Secunde. Ist die Zeit und die Höhe des Falls für eine Secunde gegeben, so braucht man diese nur mit dem Quadrate der Zeit zu multipliciren.

Ein Körper, der 9 Secunden gefallen, hat einen Raum von $9^2$. 15,625 = 1265,625 Fuß Rheinl. zurückgelegt.

Die Zeit des Falles ergiebt sich, wenn man den durchgefallenen Raum, durch die Fallhöhe für eine Secunde theilt und aus dem Quotienten die Quadratwurzel zieht.

Ein Körper sei 1265,625 Rheinl. Fuß durchgefallen, so hat er auf diesen durchgefallenen Raum eine Zeit von 9 Secunden zugebracht.

Denn 1265,625 = 81; hieraus die Quadrat-

15,625

wurzel, giebt 9 Secunden.

Anmerk. Allgemein lassen sich vorhergehende Sätze auf folgende Art darstellen. Es sei g die Fallhöhe für eine Secunde und f sei der durchgefallene Raum, für die Zeit t; so ist $f = g t^2$. Folglich

$$t = \sqrt{\left(\frac{f}{g}\right)}.$$

18.

Am Ende der ersten Secunde wird der fallende Körper eine Geschwindigkeit haben, (wenn die Schwere auf ihn zu wirken aufhöret,) die noch mal so groß ist, als die Höhe des Falls beträgt.

Ein Körper, der durch die Schwere einen Raum von 15,625 Rheinl. Fuß durchgefallen, erhält am Ende des Falls eine Geschwindigkeit, womit er in eben der Zeit, den doppelten Raum, nemlich 31,250 Fuß zurücklegt.

Anmerk. Die Geschwindigkeit, welche ein von der Schwere beschleunigter Körper am Ende der ersten Secunde erhalten, sei $= x$; so ist selbige für die Zeit $t = t\,x$. Finge er nun an, sich mit dieser Geschwindigkeit gleichförmig fort zu bewegen, so wäre sein zurückgelegter Raum $= t\,x$. $t = t^2\,x$.

Im vorigen war $s = g\,t^2$, also $2\,s = 2\,g\,t^2$; folglich ist $2\,g\,t^2 = t^2\,x$, und daher $x = 2\,g$. Oder die Geschwindigkeit am Ende der ersten Secunde, ist noch mal so groß, als der Raum, den der Körper in einer Secunde durchgefallen ist. Ist $g = 15{,}625$ Fuß, so ist $x = 2.\ 15{,}625 = 31{,}250$ Fuß wie oben.

Heißt die Geschwindigkeit, welche ein, von der Schwere beschleunigter, Körper, nach der ersten Secunde erhalten $= c$; und da wir selbige für die Zeit $t = t\,x$ gefunden, so ist diesemnach $c = t\,x$; setzt man nun für $x$, den so eben gefundenen Werth $= 2\,g$,

so

so ist $c = 2gt$, und $t = \frac{c}{2g}$; $t^2 = \frac{c^2}{4g^2}$.

Aber es war $f = gt^2 = g\frac{c^2}{4g^2} = \frac{c^2}{4g}$ und

und daher $c^2 = 4gf$. Demnach $c = \sqrt{4gf} = 2\sqrt{gf}$.

Um also die Geschwindigkeit zu finden, die ein fallender Körper für eine Secunde erhält, multiplicire man den durchgefallenen Raum ($f$) mit $4g = 4.15{,}625 = 62{,}5$ und ziehe aus dem Produkt die Quadratwurzel.

Die gegebene Höhe sei 6 Rheinl. Fuß, so ist die Geschwindigkeit für eine Secunde $= \sqrt{62\frac{1}{2}}.\ 6 = 19{,}36$ Rheinl. Fuß.

Die Zeit ergiebt sich aus $t = \frac{c}{2g}$; oder wenn man die Geschwindigkeit durch den doppelten Raum in einer Secunde dividirt.

Aus $\frac{c^2}{4g}$ ergiebt sich der durchgefallene Raum.

Hieraus folgt dann auch leicht, daß sich die Geschwindigkeiten zweier fallender Körper, wie die Quadratwurzeln aus den Räumen verhalten.

C und c mögen die Geschwindigkeiten andeuten, und S und $f$ die Räume, so ist $C = 2\sqrt{gS}$;

$c =$

$c = 2\sqrt{g}\,f$. Folglich $C : c = 2\sqrt{g}\,S$;
$2\sqrt{g}\,f = \sqrt{g}\,S : \sqrt{g}\,f = \sqrt{S} : \sqrt{f}$.

19.

So wie die Schwere die Geschwindigkeit eines fallenden Körpers beschleuniget, eben so verzögert sie auch die Geschwindigkeit eines steigenden Körpers.

Nun war $f = \frac{c^2}{4g}$, folglich ergiebt sich die Höhe, wenn man das Quadrat der Geschwindigkeit durch $62\frac{1}{2}$ theilet.

Der Körper habe eine Geschwindigkeit von 1500 Fuß in einer Secunde, so ist die dazugehörige Höhe $= \frac{1500^2}{62,5} = 36000$ Fuß; dazu braucht der Körper eine Zeit $\left(\frac{c}{2g}\right)$ von $\frac{1500}{31,25} = 48$ Secunden.

## Fall der Körper auf einer schiefen Ebene.

20.

Bisher haben wir den Fall der Körper nach einer verticalen Richtung untersucht; jetzt wollen wir zeigen, daß Körper, die nach einer schrägen Richtung zur Erde fallen, dasselbe Gesetz beobachten, als die senkrecht fallenden. In diesem Fall drückt aber ein Theil von der Masse des Körpers, die Fläche, wor-

auf der Körper herabrollet. Der noch übrige Theil desselben folgt dem Gesetze der Schwerkraft.

Zu dem Ende stelle A B K (Fig. 2.) den verticalen Durchschnitt einer schiefen Ebene vor. Der Winkel A K B ist der Neigungswinkel der Ebene mit der Horizontallinie K B. P sei eine Kugel, welche längs A K herunterrollen will. Wäre die schiefe Fläche nicht da, so würde sie, nach der senkrechten Linie C G, durch die Schwere zur Erde getrieben. Aber nun verhindert die schiefe Ebene sie daran: denn ein Theil von ihrer Schwere wird nach der Richtung C E, die senkrecht auf A K steht, von der Ebene unterstützt oder getragen; und wenn die Richtung C F, diejenige Linie vorstellt, nach welcher die Kugel mittelst der Schwere zur Erde fällt, so läßt sich diese Linie in zwei andere C E und E F zerlegen, deren Richtungen die beiden Kräfte andeuten. Nach C E wird die Kugel von der Ebene aufgehalten, die also nicht in Betracht gezogen wird; nach der andern aber, nemlich E F, wird sie beschleunigend, längs der Ebene, herabrollen. Nun ist das Dreieck C E F ähnlich dem Dreiecke A B K, weil beide Dreicke gleiche Winkel haben; folglich ist C F : F E = A K : A B.

Demnach verhält sich die ganze Schwere (absolute Schwere) zu der, womit sie (relative Schwere) den Körper längs der schiefen Ebene herunter treibt, wie die Länge der schiefen Ebene zu der Höhe derselben.

21.

Und, wenn man ferner aus dem rechten Winkel ABK, auf A K, die senkrechte Linie B H fallen läßt, so entsteht das Dreieck A H B, das ebenfalls dem Dreieck A B K ähnlich ist, und also ist A K : A B = A B : A H; folglich wird der Körper P, während er die senkrechte Linie oder die Höhe der schiefen Ebene durchfällt, in eben der Zeit den Raum A H, auf der schiefen Fläche, durchlaufen.

Ist das Verhältniß der Linie A K zu A B der schiefen Ebene, wie 5 : 4, und die Schwere treibe einen Körper nach der senkrechten Richtung, durch einen Raum von 15,625 Fuß in einer Secunde, so wird eben diese Kraft, in eben der Zeit, den Körper P, auf der schiefen Ebene, durch einen Raum von 12, 5 Rheinl. herunterrollend machen. Denn 5 : 4 = 15,625 ; 12, 5.

Diesen Raum bestimmt man noch leichter durch die Trigonometrie, wenn der Neigungswinkel der schiefen Ebene A K B, und die Höhe A B, bekannt ist. Denn sin. tot : sin. A K B = A B : A H. Ist der Winkel A K B = A B H = 30 Grad, so ist A H = $\frac{1}{2}$ A B, wie in der Trigonometrie bewiesen worden ist.

Durch eben diese Rechnung läßt sich auch die dahin gehörige senkrechte Höhe finden, die ein Körper in eben der Zeit durchfällt, während er den Raum längs A H durchrollt. Denn

sin. A B H : sin. tot. = A H : A B.

Ist der Raum A H bekannt, und die Zeit, welche der Körper beim Herabrollen darauf zubringt, so läßt sich nach dem vorhergehenden leicht die Zeit bestimmen, welche er gebraucht, um die ganze Ebene A K durchzurollen.

So verfuhr Gallilai, um das Gesetz herauszubringen, nach welchem die Körper, durch die Schwerkraft, zur Erde fallen.

22.

In der Geometrie (§. 70. S. 53.) ist bewiesen, daß A H : A B = A B : A K. Daraus folgt, daß die Geschwindigkeit des Körpers längs A K, oder wenn der Körper in K anlangt, einerlei ist mit der Geschwindigkeit, die er durch den Fall durch A B erlangt. Also ist die Geschwindigkeit in K und B einerlei. Wenn A B 6 Fuß beträgt, so ist die Geschwindigkeit in B = 19, 36 Fuß, und eben diese Geschwindigkeit erhält der Körper wenn er von A bis K, herabrollt.

23.

Werden verschiedene schiefe Ebenen, die aber alle einerlei Höhe haben, wie A B E und A B F (Fig. 3.) an einandergesetzt, und läßt man aus dem Punkte A zu gleicher Zeit Körper nach A B, A C und A D, herunterfallen, so werden die beiden, die nach A C und A D herunterrollen, in eben der Zeit in C und D ankommen, in welcher der, welcher nach der senkrechten Linie A B fällt, in B anlangt. Die Geschwin-

schwindigkeiten verhalten sich hier also, wie die in gleichen Zeiten zurückgelegten Wege. Ist A B der Durchmesser eines Kreises, so sind A D, A C, B C und B D, Sehnen desselben, und alle diese werden in einerlei Zeit von der Schwere zurückgelegt.

## Vom Pendel.

### 24.

Ein Körper A, etwa eine Bleikugel, (Fig. 4.) der an dem einem Ende eines Fadens, welcher ohne Schwere ist, oder dessen Schwere gegen das Gewicht der Kugel äusserst geringe ist, hängt, und das andere Ende des Fadens entweder zwischen den Fingern gehalten, oder an einem Nagel befestiget ist, so daß der Körper A sich vermöge des Fadens um den festen Punkt C in der Runde bewegen kann; eine so heißt solche Vorrichtung ein Pendel.

### 25.

Macht die Kugel keine große Bogen (unter 15 Gr.), so werden die Schwingungen fast in gleicher Zeit geschehen. Denn je kleiner die Bogen sind, desto weniger weichen sie von der, ihnen zugehörige Sehne, ab. Der Bogen B A D heißt ein ganzer Schwung, so wie B A ein halber. Aus dem vorigen weiß man, daß, während der Körper die Sehne A B durchrollt, er in eben der Zeit die Linie E A, oder den Durchmesser des Kreises durchfällt, das ist, die doppelte Länge des Pendels. In A hat die Kugel

eine Geschwindigkeit erhalten, womit sie in eben der Zeit die andere Hälfte des Bogens B D, nemlich A D, beschreibt. Nun sollte man glauben, daß, während dieses vorgeht, der Körper durch die doppelte Länge des Pendels fallen müßte; allein so ist es nicht, sondern aus dem vorhergehenden ist bekannt, daß ein Körper in der doppelten Zeit den vierfachen Raum durchfällt; folglich wird, während eines ganzen Schwunges B D, der Körper durch einen Raum fallen, der achtmal so groß ist als die Länge des Pendels.

26.

Nimmt man zwei Pendel an, deren Längen sich wie 1 zu 2 verhalten; läßt alsdenn diese nicht allzugroße Bogen schwingen, so wird man gewahr werden, daß die Schwingungen der beiden Pendel, sich nicht wie 1 zu 2, sondern etwa wie 10 : 14, oder genauer wie 100 : 141 verhalten. Oder ein Pendel, das nur halb so lang ist als ein anderes, wird in eben der Zeit 141 Schwingungen machen, indem das andere nur 100 Schwingungen vollendet. Vergleicht man diese Zahlen mit einander, so ergiebt sich, daß 141 u. s. w. die Quadratwurzel aus der Zahl 2 ist; folglich verhalten sich die Schwingungen zweier Pendel von ungleicher oder verschiedener Länge, wie die Quadratwurzel aus diesen Längen; also auch umgekehrt, verhalten die Längen der Pendel sich wie die Quadrate der Zeiten, die sie zu ihren Schwingungen anwenden.

Sollte

Sollte demnach ein Pendel noch einmal so viel Schwingungen machen als ein anderes, so müßte es nur den vierten Theil der Länge von diesem haben. Dies ist dasselbe Gesetz, welches wir oben bei dem Falle der Körper entdeckt haben; folglich hängen die Schwingungen eines Pendels von eben dem Gesetze der Schwere ab.

27.

Indessen wird der Bogen und die dazugehörige Sehne in einem Kreise, nicht zu gleicher Zeit von einem Körper zurückgelegt. In der höhern Mathematik beweiset man, daß die Zeit eines Schwunges von einem kleinen Bogen A D, zu der Zeit des Falles durch die halbe Länge G A, des Pendels C A, sich verhält, wie der Umfang des Kreises zum Durchmesser. Demnach verhält sich die Zeit des Falles längs dem Bogen B A, zu der, längs der Sehne B A, oder durch den Durchmesser, wie der Umfang des Kreises zu dem vierfachen des Durchmessers, oder beinahe wie 314 : 400.

28.

Wir müssen hierbei noch anmerken, daß die Mathematiker eine Linie ausgefunden haben, in welcher alle Schwingungen, sie mögen groß oder klein sein, in gleicher Zeit geschehen. Diese Linie heißt die Cycloide. Am besten kann man sich von derselben eine Vorstellung verschaffen, wenn man sich den Weg vorstellt, den ein Nagel in der Felge eines fortlaufenden Rades, über einen ebenen Boden in

der

der Luft beschreibt, wenn er sich von der Erde hebt, bis dahin, wo er wieder zur Erde kömmt. Auf Deutsch heißt aus dem Grunde diese krumme Linie, die Radlinie.

29.

Huygen war der erste, der im Jahre 1656 das Pendel an die Uhren anbrachte, woher sie auch den Namen Pendeluhren erhalten haben. Er ließ sein Pendel zwischen zwei Blechen schwingen (die man noch wohl bei einigen alten Uhren anzutreffen pflegt), die nach einer halben Cycloide ausgearbeitet waren, und erreichte dadurch den Zweck, daß das Pendel bei kleinen oder großen Schwingungen, einerlei Zeit gebrauchte. Jetzt aber ist diese Vorrichtung wieder abgeschaft und man läßt das Pendel nur kleine Bogen beschreiben. Dieses erhält man durch eine andere Vorrichtung, die jetzt an unsern Uhren angebracht werden, und unter dem Namen des englischen Hackens bekannt ist.

Unten bei der Beschreibung der Pendeluhren, wollen wir ihn näher zu erklären suchen.

30.

Oben ist schon erwähnet worden, daß die Kraft der Schwere auf der ganzen Erde verschieden sei, und da die Eigenschaften des Pendels ihren Grund in der Schwere der Körper haben, so muß das Pendel an verschiedenen Orten der Erde, auch von verschiedener Länge sein, wenn es an beiden Orten einerlei Schwingungen in gleicher Zeit machen soll. Die Naturforscher vermutheten dieses schon bald nach der

Er-

Erfindung des Pendels, aber es fehlte noch zu sehr an Versuchen, die an entfernten Orten mit diesem Instrumente angestellet waren. Durch die Versuche, welche Richer zu Cayenne, im Jahre 1672 mit dem Pendel anstellte, ward dann endlich dieses bestätiget, und dadurch nicht nur bewiesen, daß die Erde sich um ihre Axe innerhalb 24 Stunden drehete, sondern zugleich auch, daß sie keine völlige Kugel sei.

Richer fand nemlich, daß seine Uhr zu Cayenne zu langsam ging, und damit das Pendel in einer Secunde 3600 Schwingungen machte, mußte er dasselbe um $1\frac{3}{4}$ Linien verkürzen; denn aus dem vorigen erhellet, daß, je kürzer das Pendel ist, desto geschwinder schwingt es. Als er mit eben der Uhr wieder nach Paris zurückkam, so ging sie viel zu früh; damit das Pendel nun genau wieder 3600 Schwingungen in einer Stunde vollendete, so mußte er dasselbe um $1\frac{3}{4}$ Linien wieder verlängern. Die Schwere mußte also vom Aequator bis zum Pole zunehmen, folglich auch die Länge des Pendels. Unterm Pol muß demnach das Pendel am längsten, und unterm Aequator am kürzsten sein. So hat Bouguer unter 0 Grad 9 Min. Breite, die Länge des Secundenpendels auf 438, 82 franz. Linien angegeben, und Mallet, hat die Länge des Secundenpendels durch Vergleichungen der Schwingungen unter 67 Gr. 5 Min. nördl. Breite, auf 441, 22 franz. Linien gefunden. Nach der Berechnung ergiebt sich die Länge eben dieses Pendels unter dem Pol, auf 441, 69 franz. Linien.

31.

Weiß man den durchgefallenen Raum eines Körpers in einer Secunde, so läßt sich daraus nach folgendem Satz die Länge des Secundenpendels bestimmen: wie sich das Quadrat des Umfanges zu dem Quadrate des Durchmessers von einem Kreise verhält, so der Raum, den ein Körper in einer Secunde durchfällt, zu der halben Länge des Pendels.

Der Umfang des Kreises verhält sich zum Durchmesser bekanntlich (Geometrie 108) wie 355 : 113; den Raum für eine Secunde haben wir aber zu 15,625 Rheinl. Fuß angegeben, also

$355^2 : 113^2 = 15{,}625 : 1{,}583$ Rheinl. Fuß, folglich für die ganze Länge des Pendels = 5,166 R. F. = 3 Fuß 1 Zoll $11\frac{9}{10}$ Lin.

Nach eben diesem Verhältnisse, aber umgekehrt, läßt sich aus der gegebenen Länge des Secundependels, die Fallhöhe für eine Secunde berechnen.

32.

Die höhere Geometrie beweißt ferner, daß die Länge der Pendeln, wie die Quadrate von dem Sinus der geographischen Breiten zunehmen. Weiß man nun den Unterschied zweier genau ausgemessener Pendellängen, so läßt sich daraus die Länge eines Pendels für jeden Ort bestimmen. Man weiß z. B. mit vieler Genauigkeit die Länge des Secundependels zu Quito und Paris. An dem ersten Ort ist diese = 439, 10 franz. L. an dem zweiten = 440, 57 franz. L. Der Unterschied ist demnach = 1, 47.

Hier-

Hieraus, und aus dem obigen Verhältnisse, läßt sich nun leicht den Längen Unterschied des Pendels zwischen Quito und dem gegebenen Ort angeben.

Gesetzt man verlangt die Pendellänge für Hamburg zu finden, so liegt dieser Ort bekanntlich unter 53 Gr. 34 Min. nördl. Breite, Paris aber unter 48° 50′ Breite; folglich ist

Breite von Hamb. = 53 Gr. 34 Min. — Unterschied. 1, 47 = Breite von Paris 48° 50′

log. sin. $^2$ 19, 8111044 — log. 2, 1673173

log. 7533570 : log. sin. $^2$ 19, 7533570 : log. 2, 1673173

21, 9784217

19, 7533570

Log. 2, 2250647

Unterschied. 1, 68‴

Die

Diesen gefundenen Unterschied zu der Pendellänge von Quito hinzugelegt, giebt die Pendellänge von Hamburg, nemlich 440, 78 franz. L. oder im rheinländischen Maße, nach dem Verhältnisse von 139, 13: 144 = 456, 21 L. = 38 Zoll $\frac{21}{100}$ Linien und im Hamburger (nach 127 : 139, 13) = 41 Zoll $7\frac{79}{100}$ L.

33.

Ist die Länge eines Secundenpendels bekannt, so ergiebt sich, nach dem Vorhergehenden, die Länge eines jeden andern Pendels, das $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, 2 Secunden u. s. w. schwingen soll. Soll es kleinere Schwingungen machen, so braucht man nur mit dem Quadrate der Zeit dividiren; sollen die Schwingungen eine längere Zeit dauren, als die eines Secundenpendels, so muß man mit dem Quadrate, die Länge des Secundenpendels, multipliciren. So ist die Länge eines Pendels, das halbe Secunden schwingt, $= 3, 166 =$

$$\frac{}{4}$$

0, 7915 Rheinll. Fuß = 9 Zoll $7\frac{18}{100}$ Lin. und für ein 2 Secunden schlagendes = 4. 3, 166 = 12, 664 Rheinl. Fuß = 12 Fuß 6 Zoll $6\frac{4}{10}$ Lin.

Auf Pendellängen gründet sich eine artige Methode, Höhen von Gewölben, Häusern u. s. w. zu messen.

34.

Ein solches Pendel, als bisher beschrieben worden ist, wovon der Faden, oder die Stange, woran die Bleikugel befestiget ist, keine Schwere hat, läßt sich

nicht

nicht verfertigen; jedes andere aber, welches eine Schwere hat, wird, wenn man es mit dem obigen vergleicht, nicht in einerlei Zeit mit ihm gleiche Schwingungen machen. Denn die Stange oder Faden ist eine körperliche Masse, davon jeder Theil für sich ein Gewicht hat oder schwer ist, und daher muß jeder Theil als ein Pendel angesehen werden.

35.

Zur bessern Verständlichkeit, stelle man sich zwei Pendel von gleicher Länge vor, davon das eine aus einer gleich dicken Stange, das andere aber aus einem äusserst dünnen Faden mit einer Kugel, besteht; lasse alsdann beide schwingen, so wird man bald wahrnehmen, daß die Stange geschwinder schwingt als die Kugel. Will man, daß die Kugel einerlei Schwingungen mit der Stange machen soll, so muß man von dem Anhängungspunkte der Stange, zwei drittel von der Stange herabzählen, hierauf die Kugel bis zu diesen Punkt hinaufbringen, und nur alsdann wird die Kugel und die Stange gleiche Schwingungen in einerlei Zeit machen. Die Stange heißt ein zusammengesetztes, und der Faden mit der Kugel ein einfaches Pendel; und so schwingt ein Punkt des letztern auf zweidrittel der Länge des erstern, eben so geschwind, als das zusammengesetzte Pendel. Also kannn man ein zusammengesetztes Pendel, aus andern, von verschiedener Länge, als zusammengesetzt, betrachten. Jedes für sich wird sich bemühen, geschwinder zu schwingen (weil je kürzer ein Pendel ist, desto geschwin-

schwinder schwingt dasselbe); folglich wird auch das ganze Pendel geschwinder seine Schwingungen machen, als ein einfaches, das einerlei Länge mit ihm hat.

36.

Derjenige Punkt, der $\frac{2}{3}$ von der Länge des ganzen Pendels von dem Anhängungspunkt entfernt liegt, heißt der Oscillationspunkt des Pendels. Dieser Punkt kommt bei allen den Werkzeugen vor, die eine schwingende Bewegung haben, oder durch einen Schwung in Bewegung gesetzt werden, als Schwerdtern, Säbeln u. s. w. Der Oscillationspunkt in diesen liegt auf $\frac{2}{3}$ der Länge vom Handgriffe, und grade in diesem Punkt ist die Wirkung des Schlages am größten, folglich am wirksamsten.

37.

Alle metallne Pendel, die an unsern Uhren angebracht werden, leiden in Hinsicht ihrer Länge eine Veränderung von der Temperatur der Luft. Die Wärme dehnt bekanntlich die Körper aus, und die Kälte zieht sie zusammen. Im Sommer müssen demnach unsere Pendeluhren zu langsam, und im Winter zu früh gehen; weil ein längeres Pendel langsamer schwingt als ein kürzeres. Um diesen Fehler zu vermeiden, oder ihn aufhörend zu machen, ist man in neuern Zeiten auf die Erfindung eines sogenannten Rostpendels gekommen, das aus 9 Stangen, von Messing und Sahl in der Gestalt eines Rostes zusammengesetzt, besteht.

Diese

Diese Verbindung von Messing und Stahl gründet sich auf die Ausdehnung dieser beiden Metalle, nach dem Verhältnisse von 5 zu 3. Wenn nemlich zwei gleich lange Stangen von Messing und Stahl genommen, und in einerlei Wärme gebracht werden, und die messingene Stange dehnt sich um $\frac{5}{10}$ eines Zolls oder Linie durch die Temperatur aus, so dehnt sich die stählerne Stange um $\frac{3}{10}$ Zoll oder Linien aus. Folglich dehnt sich eine stählerne Stange eben so viel aus als eine messingene, die $\frac{3}{5}$ von der Länge der stählernen ausmacht. Was hier von der Hitze oder der Wärme gesagt worden ist, gilt auch von der Kälte.

Verbindet man also die beiden metallnen Stangen, deren Längen im Verhältniß ihrer Ausdehnung oder Zusammenziehung stehen, so mit einander, so muß man darauf sehen, daß sich die stählernen nach unten zu, die messingenen aber nach oben zu, ausdehnen oder zusammenziehen; und eben dadurch erhält das Pendel, bei jeder Temperatur, einerlei Länge. Diese rostförmige Pendeln werden vorzüglich bei unsern astronomischen Uhren angebracht.

38.

Schon vor länger als 100 Jahren, haben verschiedene Mathematiker die Länge des Pendels zu einem allgemeinen Maaßstabe vorgeschlagen. Da die Länge desselben an jedem Ort der Erde, wie wir im vorhergehenden gezeigt haben, bestimmt angegeben werden kann, so brauchte man nur den dritten Theil seiner Länge, als die Größe des Fußmaßes, anzunehmen,

und

und man hätte das Verhältniß der Fußmaßen von verschiedenen Ländern sogleich. Die Länge eines Secundenpendels zu Paris ist 440, 57 franz. L. zu Hamburg aber 440, 78 franz. L. Sollte der dritte Theil von der Länge die Größe eines Fußes vorstellen, so wäre das Verhältniß beider Fußmaßen genau, wie die Länge der Pendeln. Oder 44057 franz. Fuße wären 44078 hamb. Fußen gleich. Auf die Weise fände man jedes Fußmaß auf einen Secundenpendel genau angegeben. Allein dieser Vorschlag ist bisher noch nicht zur Ausführung gekommen. Die Franzosen haben dafür den 10 millionsten Theil von dem Quadraten der Erde angenommen, welches bekanntlich das mètre ist.

## Von der Wurfbewegung.

39.

Ein jeder Körper, er mag entweder parallel mit dem Horizont, oder auch schief mit demselben, von einer Kraft, deren Richtung durch den Schwerpunkt des Körpers geht, fortgestossen oder geworfen werden, wird sich, vermöge seines Beharrungszustandes, gleichförmig fortbewegen, das heißt, der Körper wird mit der einmal erhaltenen Geschwindigkeit, in gleichen Zeiten, gleiche Räume, beschreiben, wenn keine äussere Ursache sich seiner Bewegung entgegenstellt. Er würde auch beständig nach der einmal erhaltenen Richtung, mithin nach einer graden Linie seinen Weg fortsetzen, wenn die Schwere auf denselben nicht nach einer parallelen Richtung wirkte. Diese letzte Kraft wird daher den geworfenen Körper nöthigen, eine andere, als eine grade Linie, zu beschreiben.

40.

Jeder geworfene Körper wird demnach von zwei Kräften getrieben; die eine wird ihm nach der Richtung fortzutreiben suchen, welche ihm von der Kraft der Hand, oder der Gewalt des Schießpulvers beigebracht ist. Die andere ist die Schwere, oder irgend eine andere Kraft, welche den Körper nach einer parallelen Richtung, und zwar beschleunigend, zur Erde treibt. Der geworfene Körper wird nun, nach dem Gesetze der zusammengesetzten Bewegung, keiner von beiden folgen, sondern eine mittlere Richtung annehmen; und da die Schwere ohne Aufhören auf den Körper wirkt, so wird der Weg, den der Körper zurücklegt, eine krumme Linie sein. Von dieser beweißt die höhere Geometrie, wenn die Wirkung der Luft und andere ihm entgegensetzte Kräfte, bei Seite gesetzt wird, daß sie diejenige Linie sei, welche den Namen der Parabel führt.

41.

Ein Körper, welcher nach der Richtung A E (Fig. 5.), parallel mit dem Horizonte durch irgend eine Kraft fortgestoßen wird, würde dadurch, wenn nicht die Schwere nach den Verticallinien A H, B L, C M, D N u. s. w. auf den Körper wirkte, und auch nicht die Luft und sonst ein Hinderniß, welche von der Masse und seiner Geschwindigkeit herrühret, ihm widerstünde, die gleichen Räume A B, B C, C D und D E, in gleichen Zeiten zurücklegen. A E lege nun der geworfene Körper in einer sehr kleinen Zeit

aus

zurück, so ist er nach dem vierten Theil der verlaufenen Zeit, in B angekommen, und die Schwere hat ihn während dieser Zeit, um B b = A a, von der graden Richtung A E, abgebracht. Vermöge der beiden Kräfte wird er am Ende der Zeit in b anlangen, und auf diese Weise den Weg A b beschrieben haben. Am Ende des zweiten Viertels langt er in c, des dritten Viertels in d, und des vierten Viertels in F, an. Während der ganzen Zeit hat der Körper, weil die Schwere beständig auf ihn wirkte, die krumme Linie A b c d F beschrieben.

42.

Um daher den Weg des geworfenen Körpers anzugeben, theile man die Linie E F, die senkrecht auf A E gezogen ist, in 16 gleiche Theile; ziehe alsdann durch die Punkte B, C und D, Parallellinien mit E F, und gebe der B b = $\frac{1}{16}$ von E F; C c = $\frac{4}{16}$, D d = $\frac{9}{16}$, und ziehe durch die Punkte b, c, d und F, mit der Hand die krumme Linie A b c d F, so wird diese den Weg vorstellen, den der Körper durch die beiden Kräfte getrieben, zurückgelegt hat.

43.

Durch eine leichte Rechnung läßt sich mit Hülfe derjenigen allgemeinen Sätze, die oben bei der Wirkung der Schwerkraft erläutert worden sind, die Wurfsweite und die Höhe desselben, worauf der Körper steigt, auf folgende Art bestimmen.

Zu dem Ende sei A F (Fig. 6.) die Richtung, nach welcher ein schwerer Körper geworfen werde;

und

und der Winkel F A E sei der Neigungswinkel, welcher der geworfene Körper mit dem Horizonte A E macht. A G sei die Geschwindigkeit desselben für eine sehr kleine Zeit, so läßt sich diese in zwei andere, nemlich in H G und H A = G B zerlegen.

H G = A B, welche parallel mit der Horizontallinie A E ist, wird von der Schwere nicht gehindert; oder welches einerlei ist, die Bewegung nach dieser Linie ist gleichförmig; aber nach der vertikalen Linie H A, treibt die Schwere den Körper zur Erde.

44.

Heißt nun die Geschwindigkeit, womit der Körper nach der Richtung A F geworfen wird c, so ist die vertikale Geschwindigkeit = c. sin. G A B, und die horizontale = c. cos. G A B. Da nun der Körper mit der horizontalen Geschwindigkeit sich gleichförmig fortbeweget, so wird derselbe nach der Zeit t, den Weg c t. cos. G A B zurückgelegt haben. In eben der Zeit wird der Körper vertikal auf die Höhe c t. sin. G A B — $g t^2$ gelangen, weil die Schwere die vertikale Bewegung um $g t^2$ verzögert (18). Nach diesen beiden Ausdrücken läßt sich der Ort angeben, wo der Körper sich jedesmal in der krummen Linie aufhält.

45.

Mit der vertikalen Geschwindigkeit c. sin. G A B, kann der Körper zu einer Höhe gelangen, die oben

(19) durch $\frac{c^2}{4g}$ ausgedruckt worden ist. Da die Geschwindigkeit durch c (44) angegeben, so ist die vertikale Geschwindigkeit im Quadrate ausgedrückt $= c^2 \sin. a^2$ (wenn der Neigungswinkel G A B $= a$ heißt,) $= c^2$; demnach ist die Höhe $= \frac{c^2}{4g} . \sin. a^2$ und eben diese Höhe erreicht der Körper in der Zeit

$t = \frac{c}{2g} = \frac{c}{2g} . \sin. a.$ Stellt die Linie D C die Höhe vor, welche der Körper erreicht, so braucht derselbe auch eben die Zeit, um dieselbe wieder herunter zu fallen, und dies geschieht demnach ebenfalls in der Zeit $\frac{c}{2g} . \sin. a.$

Wird für die Horizontalweite A D $= c\ t \cos. a$ gesetzt, und für t, der so eben gefundene Werth, auch $= c$ genommen, so erhält man für A D $= \frac{c^2}{2g}$ $\frac{c^2}{g} . \sin. a. \cos. a$; folglich für A E $= \frac{c^2}{g} . \sin. a.$ $\cos. a$. Nun beweißt die Geometri, das 2 sin. a. cos. a

cos. a = sin. 2 a ist: folglich ist die horizontale

$$\text{Weite, oder } AE = \frac{c^2 \sin. 2a}{2g}.$$

46.

Um unsere Leser mit dem Gebrauch dieser Formeln bekannt zu machen, wollen wir annehmen, die Geschwindigkeit des Körpers sei 1000 Fuß in einer Secunde = c, und der Neigungswinkel = a = 30 Gr. Dies giebt, nach der letzten Formel, für die Horizontalweite des geworfenen Körpers, oder für

$$AE = \frac{1000^2}{2.15{,}625}. \text{ sin. } 60° = 16000. 866 =$$

13856 Rheinl. Fuß.

Die Formel für die Höhe $\frac{c^2}{4g}$. sin. $a^2$ läßt sich am bequemsten durch die Logarithmen berechnen, nur muß man nicht vergessen, das Quadrat des Radius abzuziehen.

| | |
|---|---|
| $c^2 = 1000000 =$ log. | 5,0000000 |
| $4g = 62,5$ | 1,7958800 |
| | 3,2041200 |
| log sin. $a^2$ | 19,3979400 |
| | 23,6020600 |
| Davon rad. $^2 =$ | 20,0000000 |
| Log. | 3,6020600 |

4000 Fuß = der

Höhe, welche der geworfene Körper mit der gegebenen Geschwindigkeit erhält.

Die Zeit, welche der Körper darauf zubringt, ergiebt sich nach $\frac{c}{g}$. sin. a.

c = 1000 = log. 3,0000000
log. sin. a = 9,6989700

2,6989700 ÷ rad.
Davon der Log. g = 1,1938200

1,5051500

32 Secunden für die ganze Zeit, folglich für die halbe = 16 Secunden.

47.

Aus $AE = \frac{c^2 \sin. 2a}{2g}$ läßt sich c finden, wenn AE oder die Weite des geworfenen Körpers und der Neigungswinkel a bekannt ist. Denn c ist alsdann $= \sqrt{\left(\frac{2g. AE}{\sin. 2a}\right)}$.

Ist der Winkel $a = 45°$; so ist $2a =$ sin. $90° =$ radius, folglich am größten. In jedem andern Falle ist 2 a kleiner als 1. Die Wurfsweite muß demnach bei einem Winkel von 45 Gr. die größtmöglichste sein. Daher nennt man diese Wurfsweite, den Wurf nach der höchsten Elevation.

Die

Die Wurfsweite ist dieselbe, wenn der Neigungswinkel eben soviele Grade über 45 hat, als unter diesem Winkel. So ist z. B. 40 und 50 Grad einerlei u. s. w.

48.

Was bisher abgehandelt worden ist, betraf den Bogenschuß, oder einen Wurf, der unter einem Winkel, welcher größer ist als o Gr. geschieht. Geht aber der Wurf oder der Schuß parallel mit dem Horizont, so nennt man diesen in der Artillerie, einen Kernschuß, wo der Neigungswinkel = o wird, folglich kann er nie über dem Horizonte steigen, sondern die Schwere treibt ihn unter denselben. Dieser Satz erhellet aus der Formel für die vertikale Geschwindigkeit $c\,t \sin. a - g\,t^2 = -g\,t$, da sin. $a = o$ ist. Die Horizontalweite bleibt wie vorhin.

49.

Diese bisher erläuterte Rechnung, findet ihre Anwendung in der Artillerie bei dem Bombenwerfen, Schußweiten des Geschützes u. s. w. aber die Theorie stimmt bei weitem mit der Erfahrung nicht überein. Alle geworfene Körper würden eine Parabel beschreiben, wenn der Wurf in einem luftleeren Raum vorginge. Aber da das nicht angeht, so weicht der Weg merklich von dieser krummen Linie ab. Dazu kommt noch die Stärke der Ladung, die Eigenschaft des Pulvers, die innere Beschaffenheit des Pulvers und andere Umstände mehr, welche zu der Abweichung der Kugel von ihrer Bahn mehr oder weniger beitragen. Galiläi ist der Erfinder der parabolischen

Theorie

Theorie, und nach ihm zeichnet sich in dieser vorzüglich Belidor aus. Unter den Neuern haben sich ausser Robin und Euler vorzüglich, um die Auflösung dieser Aufgabe, (sie heißt das ballistische Problem) die beiden berühmten Mathematiker, von Tempelhof und Bezout, sehr verdient gemacht. Etwas mehr hierüber zu sagen, würde wider den Zweck dieses Buchs sein, zumal da diese Lehre noch andere Vorkenntnisse voraussetzt, als bei diesem Vortrage angenommen werden kann. Eine kleine Uebersicht von dieser Bewegung, welche geworfene Körper annehmen, schien uns nöthig zu sein, Anfänger der Mechanik, bekannt zu machen. Durch höhere Rechenkunst und Geometrie wird man alsdann im Stande sein, Werke, die diese Lehren ausführlich erklären, verstehen zu lernen. Dahin gehört unter andern für deutsche Leser, Kästners höhere Mechanik. Göttingen 1766 in 8.

Zwei-

# Zweiter Abschnitt.

## Die Statik, oder die Lehre vom Gleichgewichte fester Körper.

50.

Wenn zwei gleich große Kräfte, nach entgegengesetzter Richtung, auf einen Körper wirken, und ihn in Bewegung zu setzen suchen, so wird der Körper weder der einen noch der andern Kraft folgen, sondern er muß nothwendig unter diesen Umständen in Ruhe bleiben. Die Wirkung der beiden Kräfte heben sich hier also einander auf, stehen mit einander im Gleichgewicht, oder werden = 0.

51.

An einer graden unbiegsamen Linie A B (Fig. 7), die ohne Schwere und in der Mitte C unterstützt ist, ziehen an den beiden Endpunkten A und B, also gleichweit entfernt von C, zwei gleich große Gewichte P und Q (wodurch wir hier die Kräfte ausdrücken wollen), senkrecht herab. Weil die Linie A B, vermöge der Voraussetzung unbiegsam ist, so kann sie ihre Gestalt nicht ändern, also weder der einen noch der andern Kraft nachgeben, und muß daher in Ruhe bleiben. Denn wollte man annehmen, daß das Gewicht, oder die Kraft Q, die Linie A B drehen könnte, so müßte eben dasselbe auch von der gleich großen Kraft P, die eben so weit von C liegt als Q, be-

behauptet werden können. Beides kann aber nicht zugleich geschehen. Die beiden Kräfte P und Q stehen demnach, unter diesen Umständen, im Gleichgewichte.

52.

Die drei Punkte A, C und B, mögen in einem unbiegsamen Körper liegen, wo sie wollen, wenn sich nur A und B, um C drehen kann, so heißt eine solche Vorrichtung jedesmal ein Hebel. Bringt man die drei Punkte in eine Linie, so hat man eine Vorstellung des mathematischen Hebels, und liegen die drei Punkte nach einerlei Richtung, so nennt man ihn einen gradlinichten Hebel. Von dieser Art ist derselbe, der in der Figur vorgestellt worden ist. In C, wo der Hebel unterstützt wird, liegt der Unterstützungspunkt, und dreht sich die starre Linie um diesen Punkt nicht, so müssen die beiden Kräfte, welche am Hebel ziehen, sich einander aufheben, oder mit einander im Gleichgewichte stehen. A C und C B heißen die beiden Arme des Hebels, und da C zwischen beiden Kräften in der Mitte liegt, so nennt man ihn auch einen Hebel der ersten Art. In dem Punkt C muß also das Gewicht der beiden Kräfte P und Q zusammenkommen, folglich trägt die Stütze oder die Unterlage grade so viel, als die Summe beider Gewichte P und Q beträgt.

53.

Sollte aber das Gewicht P, das Gewicht Q, an dem Hebel A B gar nicht bewegen können? Daran

ist

ist wohl nicht zu zweifeln. Denn man braucht nur das Gewicht Q näher nach C hinzubringen, so wird das Gleichgewicht sogleich aufhören. In dieser Lage ist die Entfernung des Gewichts Q nicht so weit mehr von C, als es vorhin war; folglich muß nach 50, das Gleichgewicht aufhören. In dieser neuen Lage hat Q nicht mehr die Geschwindigkeit als in B, weil die Größe der Bewegung aus der Masse multiplicirt mit der Geschwindigkeit besteht. Aus eben dem Grunde kann man behaupten, daß ein Gewicht von 2 Q, in E angebracht, von P im Gleichgewicht gehalten werde, weil C E $= \frac{1}{2}$ C B ist. In dem Punkt E hat das Gewicht eine Geschwindigkeit, die nur halb so groß ist, als das Gewicht P in A hat. Eben so viel also, als daß eine Gewicht an Geschwindigkeit verliert, muß es, wenn es mit einem kleinen im Gleichgewichte seyn soll, an Masse wieder gewinnen. Dies ist nun wirklich der Fall bei einem Gewichte $= 2$ Q, welches sich in dem Punkte E am Hebel A B, befindet. Folglich stehen ein paar Kräfte oder Gewichte im Gleichgewicht an einem gradlinichten Hebel, wenn sie sich umgekehrt wie die Entfernung vom Unterstützungspunkt verhalten.

54.

Da oben (52) gezeigt worden ist, daß der Unterstützungspunkt C, am gradlinichten Hebel A B, die Summe der beiden Gewichte P und Q trägt, oder welches einerlei ist, daß eine Kraft von P + Q, nach C D aufwärts ziehend, den Hebel, mithin beide Gewichte,

wichte P und Q, trägt; so wollen wir mal von dem Anhängungspunkt A, des Hebels A B, das Gewicht P wegnehmen, und statt dessen A, mit einem Nagel befestigen, der nichts mehr zu halten braucht, als was vorhin P zog; unter diesen Umständen muß noch alles wie im vorigen Zustande bleiben. Das heißt: das Gewicht Q, wird mit dem Gewichte P + Q, welches nach der Richtung D C aufwärts zieht, im Gleichgewichte sein. Nun ist P + Q = 2 Q; also wird das einfache Gewicht Q, mit dem doppelten im Gleichgewichte sein, aber unter der Bedingung, daß das einfache Gewicht noch mal so weit von dem Punkte A entfernt ist, als das Gewicht von 2 Q. Hier trift demnach dasselbe ein, was wir eben von dem Hebel A B, der in C unterstützt ist, gezeigt haben. Die Gewichte verhalten sich also umgekehrt, wie ihre Entfernung vom Unterstützungspunkte.



Ein Hebel, wie wir ihn so eben erklärt haben, heißt ein Hebel der zweiten Art. Er unterscheidet sich von dem ersten darin, daß der Unterstützungspunkt am Endpunkt des Hebels liegt, und die beiden Kräfte, welche am Hebel ziehen, auf eine Seite dieses Punkts fallen. Ein Hebel dieser Art, läßt sich auf folgende Weise leicht wieder in einen Hebel der ersten Art verwandeln, wodurch sich der Satz, daß die Gewichte sich umgekehrt wie die Entfernung verhalten, eben so anschauend beweisen läßt, als beim

Hebel

Hebel der zweiten Art ist gezeigt worden, und gewissermaßen deutlicher ist, als der Beweis in 53.

56.

Zu dem Ende verlängere man A C, nach der linken Hand zu bis E, und mache A E = A C. An E lasse man das Gewicht P = 2 Q, welches bei dem vorigen Hebel nach C D in die Höhe zog, senkrecht herabziehen, so wird an dem gradlinichten Hebel E B alles wieder, wie vorhin, sein, das heißt, Q wird mit P = 2 Q das Gleichgewicht halten, und der Hebel selbst wird ein Hebel der ersten Art werden, dessen Unterstützungspunkt in A fällt. Denn das Gewicht Q, hielt das Gleichgewicht von 2 Q, und dieses wird wieder von der entgegengesetzten Kraft P an E, gehalten; folglich muß auch Q im Gleichgewichte mit P = 2 Q, stehen. Aber Q zieht an einen Arm A B, der zweimal so weit von A entfernt ist, als E; folglich ist A B : A E = P : Q.

Demnach ist A B. Q = A E. P. (Arith. 53. 2 A.)

Oder: das Gewicht an B, multiplicirt mit der Entfernung von B C, ist gleich dem Gewichte an A, multiplicirt mit der Entfernung von A C. Man nennt diese Produkte die Momente der Kräfte, die sich alle mal einander gleich sein müssen, wenn zwei Kräfte an einem Hebel mit einander im Gleichgewichte sind. Eben dies ist auch der Fall mit dem Hebel der zweiten Art C B A. (Fig. 8. Tab. I.) Die Last Q ziehe an B herunter, und die Kraft P an A

in

in die Höhe, so werden beide im Gleichgewichte sein, wenn P : Q = A C : B C. Also P. B C = Q. A C.

57.

Der vorige Hebel E B (Fig. 7.), läßt sich aufs neue in einen Hebel der zweiten Art verwandeln, wenn man E befestiget. Denn der Unterstützungspunkt A, trägt bei diesem Hebel P + Q = 3 Q. Läßt man also dieses Gewicht von A aus, aufwärts ziehen, so wird das dreifache Gewicht von dem einfachen, das bei B senkrecht herunterzieht, im Gleichgewicht halten. Aber eben dieses Gewicht ist dreimal weiter von dem Punkte E entfernt, als das Gewicht bey A, das nach der entgegengesetzten Richtung in die Höhe zieht. Demnach haben wir eben so wie vorhin, B E : A E = 3 Q : Q = 3 : 1.

58.

Geht mit den beiden Kräften an beiden Arten von Hebeln, eine Bewegung vor, so wird das Gewicht B, am mathematischen Hebel B C A, (Fig. 9. Tab. I.) in eben der Zeit den Bogen B b beschreiben, während daß das andere Gewicht A, den Bogen A a zurücklegt. Die Bogen B b und A a aber verhalten sich wie die Halbmesser, das ist, wie B C : C A. Verhielten sich diese wie 1 : 2, so würde der Bogen A a, noch mal so groß sein, als der Bogen B b. Stellt A die Kraft, und B die Last am Hebel A B vor, so müßte die Kraft an A sich in eben der Zeit durch einen Raum bewegen, der noch mal so groß ist als der, welcher von der Last beschrieben wird. Die

Geschwindigkeiten der Kraft und Last, verhalten sich also umgekehrt wie die Gewichte. Je kleiner die Kraft, eine desto größere Geschwindigkeit muß sie haben, wenn sie eine größere Last in Bewegung setzen soll. Hieraus folgt also, daß so viel man an der Kraft gewinnt, grade so viel verliert man auch an der Geschwindigkeit, das heißt, an der Zeit. Dieser Satz gilt für die ganze Mechanik. Soll man mit Hülfe eines Hebels eine Last von 100 Pfunden, mit einem Pfunde heben, so braucht man nur die Kraft an einen Arm angreifen zu lassen, der 100 mal länger ist, als der Arm, woran die Last drückt oder zieht. Will man aber die Last 1 Fuß hoch heben, so muß die Kraft, wenn dies geschehen soll, durch einen Raum von 100 Fuß gehen; folglich verliert man genau eben so viel an der Geschwindigkeit als man an der Kraft gewinnt.

59.

Alle Sätze, die wir bisher auf den Hebel angewendet haben, setzen voraus, daß die Richtung der Kräfte parallel mit einander, oder senkrecht auf den Hebel gehen. Allein das ist nicht immer der Fall. Dazu kommt noch, daß wir den Hebel bisher als eine grade, unbiegsame Linie, ohne Schwere, angesehen haben, welches aber eben so wenig eintrift. Diese Eigenschaften kommen dem mathematischen, aber nicht dem materiellen Hebel zu. Zu einem Hebel schickt sich jede Linie, die beiden Arme des Hebels mögen eine grade Linie ausmachen, oder beide mit einander einen

Win-

Winkel einschliessen. Im letztern Fall nennt man einen solchen Hebel, einen Winkelhebel. Wenn nur, wie wir schon oben (52) bemerkt haben, die drei Punkte P, C und Q daran sind, so können wir uns jedesmal die Vorstellung von einem Hebel verschaffen. Was indessen die Richtung der Kräfte betrift, so verdienen diese allerdings eine eigne Untersuchung, zu der wir jetzt übergehen wollen.

60.

A B (Fig. 10.), sei ein gradlinichter mathematischer Hebel, dessen Unterstützungspunkt in C liegt. Die beiden Kräfte P und Q, ziehen nach den Richtungen P A und Q B, auf den Hebel, und suchen denselben, um den Punkt C, in Bewegung zu setzen. Aus dem Ruhepunkt C, ziehe man auf die verlängerte Richtung der Kräfte P und Q, die lothrechten Linien C E und C F, so werden die Kräfte, nach diesen Richtungen auf den Hebel wirken, und wenn man die Richtungen der beiden Kräfte so weit verlängert, bis sie in D zusammenkommen, wodurch sie das Dreieck A D B bilden, so wird die Kraft Q in F, und die Kraft P in E angebracht, jede für sich, sich bemühen, das Dreieck A D B zu bewegen, mithin auch die Linie A B. Soll aber dies nicht geschehen, oder sollen beide Kräfte im Gleichgewichte stehen, so müssen die Momente sich gleich sein. Das heißt, Q. F C = P. E C; oder

P : Q = F C : E C.

Nach der Linie D C, wird der Unterstützungspunkt C, unter diesen Umständen, wirken. Diese Linie ist die mittlere Richtung von den beiden Kräften P und Q.

61.

A B (Fig. 11.), sei ein Hebel der ersten Art, wo aber die Kraft P, den Hebel unter dem stumpfen Winkel A B P angreift. Aus dem Unterstützungspunkt C, ziehe man auf die verlängerte Richtung von P B, die senkrechte Linie C D, so ist diese Linie der Arm, an welchem die Kraft P zieht, und der gradlinichte Hebel A C B hat sich nun in einen Winkelhebel A C D verwandelt, worin C D. P = A C. Q ist, oder P : Q = A C : C D. Ist C D kleiner als A C, so muß die Kraft P, nach eben dem Verhältnisse größer sein als die Last Q. In unserm Falle ist C D wirklich kleiner als A C, folglich muß die Kraft größer sein als die Last. Würde aber die Kraft P lothrecht auf C B gezogen haben, so wäre die Kraft kleiner als die Last gewesen; weil C B größer ist als A C.

62.

Die Beine oder Knochen am menschlichen Körper werden nach dem so eben erklärten Hebel in Bewegung gesetzt. Die Bewegung der Knochen geschieht durch Muskeln, die aus Sehnen und Fleischfasern bestehen, und die Eigenschaft besitzen, sich durch eine Kraft, die wir nicht kennen, zusammenzuziehen, und eben dadurch die Knochen in Bewe-

gung

gung setzen. Der Knochen selbst bewegt sich in dem andern, der ausgehölt ist, um eine runde Scheibe. An dem Oberarm A C (Fig. 12.), geht diese Bewegung um C vor. Die Sehne D B, oder der Schwanz der Muskel, sucht die Scheibe um C zu drehen, mithin den Oberarm ebenfalls in Bewegung zu setzen. Zieht man aus C, eine lothrechte Linie B C auf die Richtung der Sehne des Muskels, so giebt diese Linie den Arm des Winkelhebels A C B ab. Folglich verhält sich die Kraft zur Last, wie A C : B C. So vielmal also A C größer ist als B C, so vielmal muß die Kraft, welche der Muskel äussert, größer sein als die Last G, die an dem Ende des Oberarms herunterzieht. Borelli hat gefunden, daß B C = $\frac{1}{14}$ von A C ist, und wenn man in A ein Gewicht G von 55 Pfunden herunter ziehen läßt, so muß der Muskel, den die Zergliederer den Deltoides nennen, mit 770 Pfund Kraft ziehen, um dieses Gewicht G zu halten. Da das Verhältniß der Kraft zur Last = 1 : 14 ist, so bewegt sich auch die Kraft 14mal langsamer als die Last. Wir können demnach mit unsern Gliedern, z. B. mit der Hand, große Räume beschreiben, ohne daß der Muskel nöthig hat, sich stark aufzuschwellen. Aber dafür können wir auch weniger, und nur eine kurze Zeit, eine Last, mit unsern Händen tragen. Würde das Gegentheil Statt finden, daß unsere Muskeln weniger Kraft anwendeten, so müßten die Glieder eine ungestaltete Form annehmen,

und

und die Bewegung mit unsern Händen, Füßen u. s. w. müßte äusserst langsam und plump vorgehen. Die gegenwärtige Einrichtung scheint also die zweckmäßigste für unsern organischen Bau zu sein.

63.

Die Muskeln äussern eine ungemein große Kraft auf unsere Glieder. Borelli behauptet unter andern, daß wenn ein Mensch ein Gewicht von beinahe 200 Pfunden mit einem Strick an einem untern Kinnbacken, da wo die Backenzähne stehen, anhänget und dasselbe aufhebet, die Muskeln, welche dabei würken, sich mit einer Kraft zusammenziehen, welche 15000 Pfunde zu heben hinlänglich ist.

Wenn der Oberarm grade niederhängt, und es hängt jemand an das äusserste Glied seines Daumens ein Gewicht von 20 Pfund, indem er den Unterarm grade vor sich hinstrecket, so würkt der Muskel mit einer Kraft von 3000 Pfunden, um den Daum zurück zu halten. Merkwürdig ist die Kraft der Muskeln, die das Hüftbein hinterwärts bewegen. Streckt man das Bein so aus, daß die ganze Länge desselben horizontal zu liegen komme (welches nicht anders angeht, als die Person muß sich auf den Bauch platt hinlegen), so kann man die Ferse ein Gewicht von 65 Pfund anhängen, welche die Muskeln durch eine Kraft von 300 000 Pfund halten müssen. Die Kräfte aller Muskeln, welche dazu beitragen, daß sich ein Mensch mit einem Sprunge zwei Schuh

von Boden erhebt, sollen 2000 mal größer sein, als das Gewicht der springenden Person. *)

*) Borelli de montu animal. §. IX.

Bernhard Nieuwentits, M. D. Rechter Gebrauch der Weltbetrachtung. Uebersetzt von D. J. A. Segner. Jena 1747.

64.

Alles dasjenige, was wir bisher vom Hebel abgehandelt haben, betrift den mathematischen: aber so einen finden wir in der Natur nicht. Wir müssen uns daher wohl jetzt mit dem materiellen oder dem physischen etwas beschäftigen, weil eben nur dieser gebraucht werden kann. Das erste ist also, daß alle Sachen, die wir als Hebel im gemeinen Leben gebrauchen oder dazu einrichten, eine Schwere haben. In jedem Körper läßt sich ein Punkt angeben, in welchem wir uns die Schwere des ganzen Körpers vereint oder zusammen denken können, und wird dieser Punkt unterstützt, so wird der Körper nicht fallen. Diesen muß man aber ja nicht mit dem Unterstützungspunkt, wie wir denselben am Hebel angegeben haben, für eins halten. Dieser trägt freilich auch alle die Gewichte, die am Hebel hängen; aber in demselben ist nicht das ganze Gewicht des Körpers vereint anzutreffen.

65.

Ehe wir die Lage des Schwerpunkts bei einem materiellen Hebel bestimmen, wird es gut sein, die

Lage

Lage des Unterstützungspunkts für jeden Hebel angeben zu können.

1) für den Hebel der ersten Art. Die Länge des Hebels A B (Fig. 7.) sei gegeben, die wir hier der Kürze wegen = a, setzen wollen. Die beiden Gewichte P und Q, welche senkrecht am Hebel ziehen, sind gleichfalls bekannt. Man verlangt nun den Ort für C zu wissen.

Wäre der eine Hebelarm bekannt, so weiß man auch den andern, da die Länge des ganzen Hebels gegeben ist. Es sei demnach C B = x; so ist A C = a — x; und nun ist (56) Q x = (a — x) P = P a — P x oder P x auf die andere Seite gebracht und gehörig abgesondert, giebt

$$(Q + P)\ x = P\ a.$$ Demnach

$$x = \frac{P\ a}{Q + P}.$$

Man multiplicire die Länge des Hebels mit dem einen Gewichte, und theile das Produkt durch die Summe beider Gewichte.

2) für den Hebel der zweiten Art. Der eine Arm des Hebels B A mit den beiden Gewichten Q und P sind gegeben. B A sei = a, B C = x, folglich A C = a + x.

Also $(a + x)\ P = Q\ x$; oder $P\ a + P\ x = Q\ x$

Daher $(Q - P)\ x = P\ a$ mithin $x = \frac{P\ a}{Q - P}$

d. i. multiplicire das eine Gewicht mit dem gegebenen Arm und theile das Produkt durch den Unterschied beider Gewichte, so giebt der Quotient den andern Theil des Hebels.

66.

Nun stelle A B (Fig. 13.), ein materieller Hebel vor, der 10 Pfund schwer ist, welche wir uns in H, als in dem Schwerpunkte der Stange vereint denken, und der Deutlichkeit halber durch das Gewicht R andeuten wollen. Der Hebel selbst sei in zehn gleiche Theile eingetheilt, und in C unterstützt. An dem Endpunkte A hängt eine Last Q von 100 Pfunden, so wird diese durch das Gewicht P = 40 ℔ im Gleichgewicht gehalten. Denn das Moment für die Last Q ist 300 Pfund, weil die Entfernung der Last drei Theile, deren der Hebel zehn hat, von dem Unterstützungspunkte liegt. Eben so viel muß auch das Moment der Kraft, und das, der Schwere des Hebels ausmachen. Das Moment der Kraft ist 7. 40 = 280 und das Moment des Hebels besteht aus der Entfernung des Schwer-, vom Unterstützungspunkt, multiplicirt in das Gewicht des Hebels, also aus 2. 10 = 20. Folglich ist 280 + 20 = 300.

Sollte aber das Gewicht Q von 100 ℔ in C herunterhängen, und der Hebel in A unterstützt sein, die Kraft P aber an B in die Höhe ziehen, so brauchte diese Kraft nur 35 ℔ zu sein. Denn 100. 3 + 10. 5 = 10. 35. Der erste Fall betrift

trift den Hebel der ersten, der letztere gilt für den Hebel der zweiten Art.

67.

Eine nützliche und bequeme Anwendung des Hebels ist die Wage, deren gute Einrichtung vorzüglich von der Lage des Schwerpunkts abhänget. Die gewöhnliche, oder die sogenannte Kramerwage ist ein Hebel der ersten Art. Die Stange A B (Fig. 14.) ist der Wagebalken, der bei E in dem Einhängungspunkt in zwei gleiche Theile eingetheilet wird, und die Arme der Wage heißen. Diese müßen nicht nur gleich lang, sondern auch von gleicher Schwere sein, wenn das Gewicht P in der einen Schale mit der Last Q in der andern, im Gleichgewichte sein soll. Ueber die Mitte des Wagebalkens und auf demselben senkrecht, wird eine Spitze oder Nadel errichtet, welche das Zünglein heißt. Durch die Mitte des Wagebalkens, geht eine kleine Welle durch, die an beiden Enden Löcher hat, und durch welche die bewegliche Scheere geht. An den beiden Enden des Wagebalkens A und B, hängen die Schalen H und I herunter, die gleiche Schwere haben müssen. Das Zünglein zeigt bekanntlich an, wenn der Wagebalken eine horizontale Lage hat.

68.

Auf die Lage des Schwerpunkts in dem Wagebalken kommt alles an. Kommt dieser mit dem Einhängungspunkt überein, so ist die Wage die

vollkommenste. Aber so genau macht man die Wage gewöhnlich nicht, sondern man bringt den Schwerpunkt C des Wagebalkens unter den Einhängungspunkt E. Hiedurch wird derselbe, so lange er nicht mit Gewichten beschwert ist, in einer horizontalen Lage erhalten, weil der Schwerpunkt allemal in den niedrigsten Punkt des Bogens hinabsinkt. Würde man den Schwerpunkt des Wagebalkens über den Einhängungspunkt bringen, so wäre die Wage untauglich. Denn der geringste Stoß, der auf die Arme des Balkens geschieht, treibt den Schwerpunkt niederwärts, und es ist nichts da, das dieselben wieder aufwärts triebe, und den Balken in die horizontale Lage zurückbrächte. Hat eine sonst gut eingerichtete Wage, ungleiche Arme, so ist sie zum Betruge eingerichtet, den man aber entdecken kann, wenn nur die Gewichte in den Schalen verwechselt werden.

69.

Besteht die Wage aus zwei ungleichen Armen, wie A C und B C (Fig. 15), so heißt selbige eine Schnellwage, die auf folgende Art eingerichtet wird. Man theile den Wagebalken, der entweder aus Eisen oder Holz verfertiget wird, in zwei ungleiche Arme A C und B C. In C bringe man die Scheere mit dem Zünglein, und in A einen Hacken an, an welchen man die zu wiegende Last hänget. Soll der Wagebalken, wenn man denselben in D anfaßt, horizontal liegen, so muß der kurze

Arm A C mit Blei beschweret werden, um den längern Arm das Gleichgewicht zu halten. Mit einem Zirkel trage man die Länge des kurzen Arms so oft als es angeht, auf den längern, und bemerke die Weite mit 1, 2, 3 ꝛc. auf der Stange. Das Gewicht G, das mit einem Ringe versehen ist, muß von einer bestimmten Schwere sein, und längs den Arm verschieben werden können, daher heißt auch dieses Gewicht der Läufer.

70.

Will man eine Last mit dieser Wage wiegen, so henke man dieselbe in A an, und schiebe den Läufer so lange auf den Arm C D hin, bis das Gleichgewicht entstehe. Alsdann multiplicire man das Gewicht des Läufers, mit der auf dem einen Arm bezeichneten Zahl, so giebt das Produkt das Gewicht der Last. Ist der Läufer 1 Pfund schwer, und stünde er mit der Last bei 4 im Gleichgewichte, so würde die Last 4 Pfund wiegen.

Die Zahlen, die auf den längern Arm getragen werden, lassen sich auch durch Versuche mit dem Läufer selbst, bestimmen.

Beiderlei Arten von Wagen gründen sich auf die Lehre vom Hebel.

Da auf die Verfertigung eines genauen Wagebalkens so viel ankommt, wenn die Wage alles recht und genau abwiegen soll, so muß der Künstler, der sich damit beschäftiget, vorzüglich aus solchen Schriften Raths erholen, welche die Sachen practisch abgehandelt

handelt haben. Dahin gehört besonders: Schauplatz der Gewicht-Kunst und Waagen, von Leupold in Folio. Es macht einen Theil seines Maschinen-Theaters aus, das bekanntlich aus 9 Bänden in Folio besteht.

71.

Was wir oben von der Lage des Schwerpunkts, in Hinsicht des Hebels, angegeben haben, läßt sich auch auf die Bestimmung desselben für mehrere Punkte, die mit graden steifen Linien verbunden sind, anwenden. Um den Schwerpunkt eines Körpers stehen alle Theile desselben im Gleichgewicht. Also trägt derjenige Punkt, der den Schwerpunkt unterstützt, die Last des ganzen Körpers. Aus diesem Punkt lasse man eine Linie senkrecht herab, so heist diese Linie die Directionslinie, und so lange diese unterstützt ist, kann der Körper nicht fallen. Körper also, die mit einer breiten Grundfläche versehen sind, fallen nicht so leicht als andere, die eine schmale Grundfläche haben. Daher haben vierfüßige Thiere, einen weit festern Stand als zweifüßige. Eben dies gilt auch für Gebäude. So lange die Directionslinie noch innerhalb der Grundfläche fällt, ist man sicher, daß der Körper nicht falle. Es scheint nur so, als wenn sie fallen wollen. Bei hängenden Gebäuden, Thürmen ꝛc. ist das oft der Fall. Indessen kommt es dabei auch auf den Zusammenhang der Theile an, die gleichfalls wider den Fall sichern. Hieher gehören die hängenden Thürme zu Bologna und Pisa in Italien.

72.

Der Schwerpunkt eines Körpers, läßt sich entweder durch Rechnung, die hier aber nicht erkläret werden kann, oder durch Versuche finden. Ist der Körper regulär und gleichförmig dicht, so kommt der Schwerpunkt mit dem Mittelpunkt der Größe überein. Lezterer ist derjenige, der, indem eine Linie durch ihn gezogen wird, den Körper grade in zwei gleich große Theile schneidet. Dieser läßt sich aber in allen Körpern nicht gut angeben. Bei einer gleichförmig dichten Kugel, Parallepipedum, Cylinder, fällt der Schwerpunkt mit dem Mittelpunkt der Größe zusammen. Aber dies ereignet sich nicht bei einem Dreiecke, Prisma, Kegel u. s. w. Die Rechnung des Unendlichen zeigt, daß der Schwerpunkt bei einem gradlinigten Dreiecke, in das Perpendikel fällt, und zwar in einer Entfernung von $\frac{2}{3}$ der Spitze, oder $\frac{1}{3}$ von der Grundlinie. Bei dem Kegel, liegt der Schwerpunkt so in der Axe desselben, daß er um $\frac{3}{4}$ derselben von der Spitze, oder um $\frac{1}{4}$ von der Grundfläche absteht. Für die Halbkugel steht der Schwerpunkt um $\frac{3}{8}$ des Halbmessers vom Gipfel, oder um $\frac{3}{8}$ vom Mittelpunkt ab.

Durch Versuche findet man den Schwerpunkt, wenn man den Körper auf eine Schärfe legt, und so lange ihm hin und her schiebt, bis er in Ruhe ist. In dieser Ebene, von der Schärfe durch den Körper gelegt, liegt der Schwerpunkt des Körpers.

73.

Der Schweerpunkt nimmt beständig den untersten Theil von einem Körper ein. In die Höhe kann er nicht steigen und bringt man ihn mit einer Kraft auch höher, so fällt er gleich wieder herab, wenn die Kraft auf ihn zu wirken nachläßt. Läßt sich der Schwerpunkt noch gar verrücken, so muß die Bewegung mit einem solchen Körper sich dahin erstrecken, wo der Schwerpunkt hinfällt. Dies nehmen wir an dem bekannten Spielwerk, das chinesische Purzelmännchen, gewahr, da das Queckſilber in die Röhren des kleinen Körperchens hineinfließt, wodurch der Schwerpunkt jedesmal verrückt wird. Mehr dergleichen zeigen eben dieses. Alle unsere Ballancirkünste, gründen sich auf die Unterstützung des Schwerpunkts.

74.

Beider Arten von Hebeln, trift man bei vielen unsern Werkzeugen an. So sind unsere Kneipfzangen, Scheeren, Lichtputzen u. s. w. Hebel der ersten Art. Je weiter die Handgriffe von dem Unterstützungspunkt liegen, eine desto größere Kraft, kann mann mit diesen Werkzeugen ausüben. Die großen Scheeren, deren man sich auf dem Messingshütten, zum zerschneiden der Messingstafeln bedienet, sind Hebel der ersten Art. Unsere Ruder, Mastbäumen, sind Hebel der zweiten Art. Bei dem Ruder ist der Unterstützungspunkt das Wasser, die Last, das Schiff oder das Boot, und die Kraft, liegt in den Händen der Ruderer. Die Mastbäume haben ihren Unterstützungs-

stützungspunkt im Boden des Schiffs; das Schiff selbst ist die Last, und der Wind die Kraft. Unsere Schiebkarren und unsere Wagen, Thürflügel, und viele andere Dinge mehr, sind Hebel der zweiten Art. Dahin gehören auch Brechbäume, Brecheisen u. s. w.

## Die Rolle.

### 75.

Die Theorie dieser einfachen Maschine, gründet sich ganz auf den Hebel.

Es giebt zweierlei Arten von Rollen, bewegliche und unbewegliche. Die letztere besteht aus einer hölzernen oder metallenen kreisrunden Scheibe A D B (Fig. 16 Tab. I.), die sich um eine, duch ihren Mittelpunkt C, durchgesteckte feste Axe drehen läßt. Bei vielen Rollen dieser Art, ist an der Axe eine Hülse E F angebracht, die oben mit einem Hacken versehen ist, an welchen die Rolle aufgehenkt wird. Der äussere Umfang der Rolle, ist mit einem Einschnitte versehen, damit das herumgeschlagene Seil K A D B L nicht abgleite. Kraft und Last ziehen im entgegengesetzter Richtung nach der Tangente der Rolle. Wenn nun C der Bewegungs- oder vielmehr der Unterstützungspunkt der Rolle ist, so ist offenbar A C B ein Hebel der ersten Art, und Kraft und Last ziehen beide am Halbmesser der Rolle, mithin sind Kraft und Last einander gleich. Oder

K : L = C B : A C = 1 : 1.

An

An dieser Rolle gewinnt man also nichts an der Kraft, verliert aber eben so wenig an der Zeit; denn die Geschwindigkeiten sind sich für beide gleich. Der vorzüglichste Nutzen der Rolle, besteht in der begueмen Richtung des Zugs; dann auch, daß weit weniger Reibung entstehe, indem man das Seil über eine Rolle wirft, als wenn man es über einen Hacken legen wollte. Ein Mensch kann am mehrsten mit seiner Kraft ausrichten, wenn er herunterzieht, und ein Pferd wenn es horizental zieht. Beide Richtungen können durch die Rollen leicht hervorgebracht werden, nehmlich nach A K und F H.

76.

Bekömmt aber die Rolle eine solche Einrichtung, daß die Last L (Fig. 17), mittelst der Hülse A D aus dem Mittelpunkte der Rolle herunterhängt, und das eine Ende des Seils B C F in F, an einem Hacken oder Nagel befestiget wird, die Kraft aber nach der Richtung B H aufwärts zieht, so ist B A C ein Hebel der zweiten Art, wo der Bewegungspunkt in C liegt; und die Kraft zur Last verhält sich also B C: A C, das ist: wie der Durchmesser der Rolle zum Halbmesser derselben. Unter diesen Umständen braucht die Kraft nur halb so groß zu sein, als die Last.

77.

Um die aufwärts gehende Richtung der Kraft in eine niederwärts gehende zu verwandeln, braucht man nur das Seil F C B H um eine andre Rolle M zu

schlagen,

schlagen, so geht die Richtung des Seils in M K über. Freilich wird die Kraft, wie wir bei (75) gesehen haben, nichts dabei gewinnen, aber doch immer nach einer für den Menschen bequemen Richtung herunterwärts ziehen. So viel man bei dieser Vorrichtung an Kraft grwinnt, eben so verliert man an der Zeit. Denn die Last bewegt sich zweimal langsamer als die Kraft. Und soll die Last um 1 Fuß gehoben werden, so muß sich die Kraft K durch zwei Fuß bewegen, weil der Theil F C, des Seils F C B, sich um 1 Fuß verkürzt, und der andere Theil desselben B H, sich um 2 Fuß verlängert oder abwindet, indem die Last L nur um ein Fuß aufwärts gezogen wird. Die Rolle selbst ist beweglich, oder geht mit der Last in die Höhe, daher heißt sie auch die bewegliche Rolle. Die Kraft K, muß auch zugleich ausser der Last, das Gewicht der Rolle mit in die Höhe ziehen.

78.

Gehen aber die Seile nicht mehr parallel mit einander, oder zieht die Kraft K in einer schiefen Richtung K B (Fig. 18, Tab. I.), so wird sich die Kraft zur Last nicht mehr so, wie beim vorigen Fall zu einander verhalten, oder nicht mehr wie 2 zu 1; sondern das Verhältniß wird sich nun bei der Rolle wie beim Winkelhebel (59) merklich ändern. Um sich davon zu überzeugen, so lasse man aus dem Bewegungspunkt A, des Hebels B D A, eine senkrechte Linie A G, auf die verlängerte Richtung der Kraft K B, fallen. Die Last L, welche nach der Richtung D L herunterhängt,

wirkt

wirkt auf den Hebel in der Entfernung A D von dem Bewegungspunkt A; folglich ist das Verhältniß der Kraft K zu der Last L, wieder A D : A G. Oder K : L = $\frac{1}{2}$ A B : A G. Nach geometrischen Gründen ist aber A G kleiner als A B, mithin muß die Kraft K größer sein als die Hälfte der Last, wenn das Gleichgewicht Statt haben soll. Die Richtung der Kraft K, kann von der Art werden, daß die Kraft selbst größer werden muß, als die Last, wenn die Perpendikularlinie A G kleiner wird als $\frac{1}{2}$ A B.

## Das Rad an der Axe.

### 79.

Der Hebel wird zum Gebrauche aus zwei Ursachen unbequem und nicht nützlich genug. Einmal, weil er die Last nicht hoch genug hebt, und zweitens weil die Richtung der Kraft nicht allemal senkrecht auf den Hebel geht. Diese beiden Fehler fallen bei einem Rade an der Axe oder bei einer Radwelle größtentheils weg. Bei der beweglichen Rolle haben wir im vorigen §. gesehen, was die Richtung, nach welcher die Kraft zog, für eine Veränderung in dem Verhältnisse der Kraft zur Last hervorbrachte. Das Rad an der Axe muß also in dieser Hinsicht einen merklichen Vortheil vor den beiden ersten einfachen Maschinen besitzen.

### 80.

Ein Cylinder A B, (Fig. 19 Tab. I.), lasse sich mit einer Scheibe D E, die einerlei Mittelpunkt mit

der

der Welle hat, um die Axe C C herumbewegen; oder, statt der Scheibe D E, kann man auch Hebel oder Speichen M K und N O (Fig. 21), in die Welle stecken, und dadurch den Cylinder A B um seine Axe herum drehen. In beiden Fällen hat man eine Vorstellung von dem Rade an der Axe. Kraft und Last wirken hier nach entgegengesetzter Richtung, und verhalten sich allemal zu einander, wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades oder der Scheibe. Denn das Rad an der Welle ist von einem Hebel gar nicht verschieden; statt des Ruhepunkts ist hier die Axe C C. Es thut auch nichts, ob die Arme des Hebels, an denen die Kräfte wirken, in einerlei Fläche liegen oder nicht. Wir wollen aber, um den so eben erwähnten Satz von dem Gleichgewichte an dieser Maschine zu beweisen, annehmen, daß beide Arme in einerlei Fläche liegen, so wird sich auch daraus leicht der andere ergeben, wo sie in verschiedenen Ebenen fallen.

81.

C (Fig. 20 T. II.) sei demnach der Mittelpunkt, durch welchen die Axe geht; C B der Halbmesser der Welle und C A der Halbmesser des Rades. Die Last L ziehe nach der Tangente der Welle B C, die Kraft aber nach der Tangente des Rades A K, so ist A C B ein Hebel der ersten Art, dessen Ruhepunkt in C liegt und die beiden Arme desselben A C und B C sind. Kraft und Last müssen sich also wie B C : A C verhalten, das ist, wie der Halbmesser der Welle zum Halbmesser des Rades. Dieses Verhältniß bleibt beständig

dasselbe

dasselbe, so lange die Kraft nach der Tangente des Rades wirkt. Geschieht dieses aber nicht, sondern die Kraft nimmt eine andere Richtung an, etwa nach der Linie F G, so ist es offenbar eben so gut, als wenn die Kraft auf ein kleineres Rad von dem Halbmesser G C zieht. In diesem Falle muß sich die Kraft zur Last verhalten, wie G C : C B. Hinge an der Welle des Rades eine Last von 100 Pfunden herab, und der Halbmesser des Rades wäre 5 mal größer als der Halbmesser der Welle, so würde man das Gleichgewicht mit einer Kraft von 20 Pfunden halten können. Hiernach kann man die Winden in unsern Kaufmanns-Speichern beurtheilen.

82.

Nun vergleiche man eben so wie bei den beiden vorhergehenden einfachen Werkzeugen geschehen ist, die Räume, welche Last und Kraft währender Bewegung beschreiben, so wird man auch bei dem Rade dasselbe Gesetz finden, daß man nehmlich eben so viel an der Zeit verliert, als an der Kraft gewinnet. Denn, indem das Seil, welches an der Last befestigt ist, sich einmal um die Welle windet, muß das Seil, woran die Kraft zieht, sich von dem Umfange des Rades abwinden. Bekanntlich verhalten sich aber die Umfange zweier Kreise wie ihre Halbmesser. Die Kraft leidet noch eine Aenderung wegen des Seils, woran die Last befestigt ist. Denn die Richtung des Zugs von der Last geht mitten durch das Seil, daher muß man zu dem Halbmesser der Welle, noch die

halbe

halbe Dicke des Seils zulegen. Windet sich nun gar das Seil doppelt, (welches leicht geschehen kann, wenn man nicht genau beim Aufwinden auf die Leitung des Seils paßt) oder dreifach um die Welle, so wird das Moment der Last noch größer, mithin muß die Kraft, während dem Aufwinden, noch mehr verstärkt werden.

83.

Das Rad an der Axe, führt in Rücksicht seiner Stellung, eine verschiedene Benennung, der wir hier doch erwähnen wollen. Liegt die Welle waagrecht oder horizontal, wie in Fig. 19, so heißt die Maschine ein Haspel, und ist würklich ein Rad da, wo die Kraft an einem Seil herabzieht, oder an Sprossen oder Speichen angreift, eine Radwinde oder Radhaspel. (Fig. 20) Steht aber die Welle senkrecht, wie Fig. 21, so heißt die Maschine eine Winde oder ein Göpel. Sie wird häufig beim Grubenbau gebraucht. Die niedrigen Winden, welche Lasten auf dem Boden, oder auf schiefen Flächen fortzuziehen dienen, heißen Erdwinden. Diese leztern werden beim Schiffziehen, (indem man Schiffe auf den Helm oder aufs Land bringen will) bei Reepschlägereien ꝛc. häufig benutzt.

84.

Aus diesen verschiedenen Rädern, in Rücksicht ihrer Stellung folgt auch, daß die Kraft auf verschiedene Art, an den Umfang des Rades angebracht werden kann. Ist es ein großes Rad, so kann es durch

Menschen und Thiere, die entweder oben darauf tre-ten, oder auch an der innern Seite des Rades gehen, in Bewegung gesetzt werden. Bei den Treträdern kann sich aber die Richtung des Zugs leicht verändern; und bei denen, die durch Menschen auf der innern Seite des Rades bewegt werden, würkt die Kraft auf einen kürzern Arm, als auf den Halbmesser des Rades, daher muß die Person, die in dem Rade geht, sich immer bemühen, vorwärts, aber nicht rückwärts, zu gehen. Denn thut sie dieses letztere, so bekömmt die Last ein größeres Moment, und erhält ein merkliches Uebergewicht, wodurch die Person leicht zu Schaden kommen kann. Dazu kommt noch, daß bei einem Tretrade, wenn das Moment der Last, die Uebermacht erhält, das Gewicht oder die Last, mit einer beschleunigten Bewegung zur Erde fällt. Die Gefahr ist also um desto größer bei einer solchen Maschine. Man hat auf allerlei Mittel gedacht, um der Gefahr entgegen zu kommen, oder das Rad während seines Rücklaufs, zu stopfen. Einige haben ein Sperrad vorgeschlagen; andere, wie noch neuerlich in England geschehen ist, haben eine horizontale Welle, mit Handgriffen versehen, bei dem Tretrade angebracht, in welchen die tretenden Personen, vermittelst eines kleinen Sprungs eingreifen, und so das Rad unter ihren Füßen durchlaufen lassen. Diese Vorschläge sind recht gut, aber müssen auch zugleich ausgeführet werden, wenn die Gefahr eintritt. Aufmerksamkeit, besonders Gegenwart des Geistes, wird nothwendig dazu erfordert.

85.

Die großen Räder werden entweder auf ihrem Umfange oder ihrer Felge mit Kasten, oder auch mit senkrechten Schaufeln, versehen. Diese Einrichtung erhalten gewöhnlich unsere Wasserräder, wo entweder das Wasser mittelst einer Rinne in den Kasten läuft und ihn anfüllt, oder auch mit einem Stoß, auf die dem Wasser entgegengesetzte Schaufelfläche, wirkt. In beiden Fällen muß sich das Rad bewegen. Das erste Wasserrad heißt ein oberschlächtiges, das zweite ein unterschlächtiges. Indessen ist die Kraft bei allen diesen Rädern am wirksamsten, wenn sie dasselbe nach der Tangente des Rades angreift. Bei den oberschlägtigen Wasserrädern ist dies zuweilen der Fall nicht, weil das einfallende Wasser den Umfang des Rades schneiden kann. Geschieht dieses, so muß man die Richtung der Kraft eben so, wie beim Tretrade, beurtheilen. Die Windmühlen werden durch die Luft eben so in Bewegung gesezt, wie die Wassermühlen durchs Wasser, nur mit dem Unterschiede, daß bei den leztern die Kraft nicht so abwechselnd und veränderlich ist, als bei den erstern. Doch darüber wollen wir in der Folge weitere Auskunft und Belehrung geben.

86.

Hieher gehören auch alle Kürbeln, (Drehern) Handhaben u. s. w. die beständig, in Hinsicht der Kraft, nach der graden Entfernung von der Axe beurtheilt werden müssen. Die gebogene oder gekrümmte Ge-

stalt dieser Handhabe, tragen aus dem Grunde nichts zur Vermehrung der Kraft bei. Sind sie aus Eisen gemacht, so giebt man ihnen der Federkraft wegen, oft eine gekrümmte Figur. Bei allen Kürbeln, Haspeln ꝛc. muß die Hand im Cirkel herumgehen, und daher ihre Richtung alle Augenblick ändern; sie kann also nicht immer nach der Tangente wirken: Ueberdieß ist auch die Kraft der Hand an sich stärker, wenn sie die Kürbel herunter drückt, als wenn sie selbige heraufhebt, oder seitwärts schiebt. Diese Maschinen gehen daher sehr ungleich, und wenn sie gleichförmig gehen sollen, muß man ihnen durch Schwungrädern zu Hülfe kommen: aber das schlimste dabei ist, daß auch diese das Rad beschweren, und erfodern daher eine größere Kraft.

87.

Unter einem Schwungrade, versteht man ein Rad von beträchtlichem Umfange und Schwere, und das eben dadurch, oder vermöge seines Beharrungszustandes, die Maschine in gleichförmige Bewegung zu erhalten sucht. Läßt also die Kraft an der Kürbel nach, so wird diese durch das Schwungrad wieder ersetzt. Eigentlich vertreten alle große und kleine Räder, die Stelle eines Schwungrades selbst, und es ist daher oft überflüßig und für die Maschine nachtheilig, wenn man sie noch mit einem andern Rade, das als Schwungrad dienen soll, beschwert. Wird eine Welle oder ein Rad durch zwei Kürbeln bewegt, so müssen beide nach entgegengesetzter Richtung an der Welle angebracht

werden,

werden, weil eben dadurch die Maschine nicht in Stillstand oder Stocken gerathen kann. Denn indem die eine Person ihre Kraft verliert, gewinnt eben die andere diese wieder. Auch brauchen diese beiden Kürbeln nicht in einer Ebenezu liegen; nur muß man sie nicht nach einerlei Richtung anlegen.

88.

Das Schneckenrad in einer Taschen-Uhr, ist ein Rad an der Axe. Die Kette, die sich von diesem Rade, vermittelst der Feder, die in der Trommel eingeschlossen ist, abwindet, zieht zuletzt an einem größern Rade als zu anfangs, weil die Feder, indem die Uhr aufgezogen worden, weit stärker gespannt und daher nur eine geringere Kraft erfodert, als am Ende, da sie nicht so stark gespannt ist. Wäre diese Vorrichtung nicht bei einer Uhr angebracht, so könnte diese Maschine keinen gleichförmigen Gang vom Anfange bis zu Ende behalten. Im Anfange würde sie am geschwindesten gehen, und nun anfangen nach und nach einen langsamern Gang anzunehmen. Daher muß man so viele Sorgfalt auf die Ausarbeitung dieses Rades richten. Denn die Gänge an demselben müssen in eben dem Verhältnisse größer werden, als die Feder in der Trommel eingeschlossen, an Spannkraft, abnimmt.

## Die schiefe Fläche.

89.

Im allgemeinen kann man jede Ebene, gegen welche eine Kraft unter einer schiefen Richtung wirkt, eine

schiefe

schiefe Fläche nennen. Eine Kraft, die bemüht ist, eine Last längs einer schiefen Ebene hinauf zu ziehen, braucht nicht so groß zu sein als die Last selbst; weil, wie wir auch schon im vorigen bei dem Fall der Körper längs einer schiefen Ebene gesehen haben, ein Theil der Last, wenn die Ebene anders stark genug ist, von der Fläche unterstützt und gehalten wird, der noch übrige Theil der Last, muß nur von der Kraft gehalten werden, und grade auf diese Kraft kommt es hier an, daß man sie herausbringe.

90.

Zu diesem Ende stelle man sich vor, das A B Fig. 22 der Durchschnitt einer schiefen Fläche sei. Dieser Durchschnitt liege in einer lothrechten Ebene, die hier in der Figur mit der Ebene des Papiers übereinkömmt. Zieht man in dieser Ebene, durch B die horizontale Linie B C, und die Scheitellinie A C, so entsteht das gradlinichte Dreieck A B C, in welchem B C die Grundlinie, A C die Höhe, und A B die Länge der schiefen Ebene heißt. C sei ein runder Körper, der längs der schiefen Fläche A B herunter rollen will. G sei der Schwerpunkt desselben. Nach der lothrechten Linie G D E, würde dieser Körper, wenn er nicht von der Ebene daran verhindert würde, durch die Schwere getrieben, zur Erde fallen. Zieht man aus G, die lothrechte Linie G H auf A B, so wird der Körper nach dieser Richtung, von der schiefen Fläche aufgehalten. Nach der Richtung G D wird der Körper, mittelst seiner Schwere, fallen, oder in dieser Linie kann

man

man sich, da sie aus dem Schwerpunkte des Körpers kommt, die Schwere des ganzen Körpers vereint vorstellen, und diese ist aus beiden, nach G H und G m = H D, als zusammengesezt, anzusehen. Mit G m = H D, wird er sich bemühen, längs der Ebene zu fallen. Bringt man nun nach der entgegengesetzten Richtung eine Kraft an, die eben so groß ist, so wird man den Körper auf der schiefen Fläche halten können. Diese Kraft findet man in dem Verhältniß dieser Linie zu G D. Allein das Verhältniß von H D : G D, finden wir auch im Dreiecke A C B, und zwar in den beiden Linien A B und A C: denn die beiden Dreiecke A C B und G H D sind sich ähnlich, wie wir schon oben bei dem Fall der Körper längs der schiefen Ebene, gezeigt haben. Folglich ist K : L = A C : A B: das ist, wie die Höhe der schiefen Fläche zu der Länge derselben. Aber A C : A B = cosin. A B C : radius, oder wie der sinus des Neigungswinkel zum ganzen sinus. Hätte die Last eine Schwere von 100 ℔, und der Neigungswinkel wäre 30 Gr., so müßte man die Hälfte der Last, nehmlich 50 ℔ anwenden, den Körper auf der schiefen Fläche zu halten.

Wenn A C = dem sinus A B C vorstellt, so ist C B der Cosinus desselben. Multiplicirt man also die Last L, mit dem Cosinus des Neigungswinkel, so hat man den Druck, mit welcher die schiefe Ebene in H gedruckt wird. Läßt man ein Seil, welches die Last, längs der schiefen Ebene, in die Höhe ziehen soll, über die Rolle R gehen, so kann man in K das

Gewicht

Gewicht anhängen, = L. sin. A B C, welches die Last auf der schiefen Ebene das Gleichgewicht hält. Bei der würklichen Bewegung des Körpers, muß er in eben der Zeit dem Raum A B zurücklegen, wenn derselbe bis auf die Höhe A C steigen soll. Was man also an der Kraft gewinnt, verliert man bei dieser, wie bei allen vorigen Maschinen, an der Zeit. Je größer der Neigungswinkel der schiefen Fläche ist, desto größer muß auch die Kraft sein, einen Körper auf der schiefen Ebene zu halten.

91.

Wir haben im vorigen § das Verhältniß der Kraft zur Last bestimmt, wenn die Richtung der Kraft parallel mit der schiefen Fläche geht. Allein man sieht leicht, daß die Richtung sich verändern, und die schiefe Ebene nach verschiedenen Seiten durchschneiden kann, bis sie endlich in eine Richtung übergeht, die parallel mit der Grundlinie der schiefen Fläche läuft, oder in der Figur nach M G fortgeht. Hier muß nothwendig ein anderes Verhältniß entstehen. Das Dreieck C H h ist ähnlich dem Dreieck A C B, und H h : G h = A C : C B. Die Kraft verhält sich also zur Last, wie die Höhe der schiefen Fläche, zu der Grundlinie derselben. Oder welches einerlei ist, wie der sinus des Neigungswinkel, zum Cosinus desselben. Hier wirkt also die Kraft nicht so vortheilhaft, als sie bei der parallelen Richtung mit der schiefen Fläche thut. Es sei der Neigungswinkel = 30°, so ist der sinus = 500, der Cosinus aber = 866, also Kraft zur Last = 500 : 866.

866. Vorhin war es = 500 : 1000. Ferner ist der Winkel G p H = A B C, wegen der parallel Linien M G und C B. Verändert sich aber M G, so verändert sich auch der Winkel bei p, und er wird größer als der Neigungswinkel A B C. Wird er dem Complement des Neigungswinkels gleich, so wird die Kraft gleich der Last sein müssen, weil alsdenn der Cosinus mit dem sinus einerlei ist. Ist der Winkel bei p noch größer, so muß man eine größere Kraft als die Last beträgt anwenden, um den Körper auf der schiefen Fläche halten zu können.

92.

Bei unserm Fuhrwerke, beim Herausziehen der Schiffe aus dem Wasser, bei unsern Wagenleitern u. s. w. machen wir häufigen Gebrauch von der schiefen Fläche. In Meissen auf der Porcellanfabrike, bringt man das Holz zum Brennen, längs einer schiefen Fläche, durch eine Stoßmühle aus einer beträchtlichen Tiefe, herauf. Wenn man Körper, die nicht kugel oder walzenförmig sind, auf eine schiefe Ebene bringt, so beträgt das Reiben derselben an der Fläche etwas beträchtliches, welches zu der Kraft hinzuzuthun ist, falls man den Körper längs der schiefen Ebene hinaufziehen will. Wir werden unten Gelegenheit haben, diese Materie näher aus einander zu setzen. Wir werden auch ebenfalls daselbst Gelegenheit haben, von den Nutzen der schiefen Fläche, beim Gebrauch einer andern Maschine zu reden. Indessen bleiben nur noch zwei einfache Maschinen nach, deren Einrichtung und

Theorie wir vorangehen lassen, um mehr von dem Gebrauch der schiefen Fläche in Verbindung mit andern, sprechen zu können

## Die Schraube.

93.

Die schiefe Fläche wird wegen ihrer großen Länge, die sie haben muß, wenn die Kraft mit Vortheil an derselben wirken soll, zum Gebrauch etwas unbequem, und läßt sich eben dieserwegen nicht immer mit Nutzen anbringen. Gesezt auch, man gäbe ihr die bequemste und vortheilhafteste Einrichtung, so bringt sie die Last doch nur zu einer unbeträchtlichen Höhe. Dieserwegen hat man sie zu einer andern Maschine angewendet, die nur einen kleinen Raum einnimmt, und dabei doch vermögend ist, zu tragen und zu heben. Diese einfache Maschine, läßt sich auf folgende Art erklären

94.

Wenn man den Durchschnitt der schiefen Fläche A B C, um die Seite eines Cylinders H I (Fig. 23) so herum legt, daß die Grundlinie der schiefen Fläche um den Umfang des Cylinders geht, und die Länge derselben, ebenfalls nach der krummen Linie sich herum windet, so entsteht ein einfaches mechanisches, allgemein bekanntes Werkzeug, das unter dem Namen der Schraube bekannt ist. In der 23sten Figur windet sich die schiefe Fläche A B C, schneckenförmig in D, F, E und G, um den Cylinder H I herum.

95.

95.

Die krumme Linie DK, FE, (nehmlich die Länge der schiefen Fläche) heißt ein Schraubengang, und durch aneinanderhängende Schraubengänge, wird eigentlich die Schraube gebildet. Ragen die Schraubengänge, wie in der Figur, vor der Fläche des Cylinders hervor, so heißt diese die eigentliche oder äußere Schraube. Sind die Schraubengänge in die Fläche des Cylinders hineingeschnitten, so führt sie den Namen der Schraubenmutter. Der Cylinder HI heißt die Spindel, und die Entfernung zweier Schraubengänge von einander, die Weite der Schraubengänge.

96.

In der Anwenduug gebraucht man sie gewöhnlich so, daß man eine äußere Schraube mit einer Schraubenmutter verbindet, wobei den nothwendig die hervorstehenden Gänge der äußern, in die vertieften der Mutter passen müssen. Hält man alsdann entweder die eine oder die andere fest, so werden sich beide Gänge verschieben, wenn der eine Theil umgedrehet wird, wodurch eine Last gehoben, oder widerstehende Körper zusammengepreßt werden konnen. Und dies ist der eigentliche Zweck der Schraube.

97.

Die Theorie der Schraube, wie schon oben bemerkt worden ist, gründet sich auf die Theorie der schiefen Fläche. Um einen Körper C, der auf der schiefen Fläche ABC (Fig, 24) liegt, in die Höhe zu bringen,

braucht man nur mit der Kraft K, dieselbe nach der Richtung K M, die parallel mit B C geht, anzugreifen, und die schiefe Fläche unter den Körper C hinzuschieben, so muß dieser leztere, wenn die Kraft K stark genug ist, in die Höhe gehen, Denn ist die Fläche A C B, in die Lage von a c b gekommen, so ist offenbar dadurch der Körper C, in die Lage von c gebracht worden.

Aus der Lehre der schiefen Fläche ist aber bekannt, daß, wenn die Kraft parallel mit der Grundlinie, eine Last auf der schiefen Fläche angreift, sich diese zu der Last im Zustande des Gleichgewichts verhält, wie die Höhe zu der Grundlinie der schiefen Fläche.

98.

Da nun bei der Schraube dieselbe Bewegung vorgeht, und die Grundlinie einerlei ist mit dem Umfange der Schraube, die Höhe aber die Weite zweier Schraubengänge gleich ist, so verhält sich die Kraft zur Last, wie der Umfang der Schraube, zu der Weite des Schraubenganges. Je enger demnach die Schraubengänge sind, desto mehr muß die Kraft zunehmen; allein an der Zeit leidet man denselben Verlust, den man an der Kraft gewinnet. Denn es ist klar, daß die Last nur in eben der Zeit um die Weite des Schraubenganges in die Höhe steiget, während sich die Kraft durch den ganzen Umfang der Schraube bewegt. Nach dieser Theorie ist das Gleichgewicht für die Schraube leicht gefunden; allein diese leidet doch hin und wieder Veränderung, die hier aus einander zu

setzen

setzen, zu schwer sein würde. Herr Hofrath Kästner hat in seinen Anfangsgründen der angewandten Mathematik (Göttingen 1792, vierte Auflage) Seite 71 Anmerkung III. verschiedenes gesagt, das nach der gewöhnlichen Theorie der Schraube, mit der genauen Untersuchung derselben, nicht übereinkommen kann. Da er diese aus einander zu setzen, für Anfänger zu schwer hält, so gnügt ihm eben diese Regel vom Gleichgewicht der Schraube mitzutheilen, als wir selbige eben angegeben haben.

99.

Bei der Anwendung der Schraube, pflegt man an den Umfang derselben einen Hebel anzubringen, und an diesen die Kraft angreifen zu lassen. Je länger dieser Hebel ist, desto mehr gewinnt die Kraft dabei; und hier verhält sich die Kraft zur Last, wie die Länge des Hebels zu der Schraubenweite. Gesezt die Kraft greife an einen Hebel, der 8 Fuß lang ist, und die Schraubenmutter betrage 1 Zoll; so ist das Verhältniß der Kraft zur Last, wie 8 Fuß zu 1 Zoll; d. i. wie 96 : 1. Allein nach eben diesem Verhältnisse, verliert man auch an Zeit.

100.

Eben darin, daß die Schraube sich mit einen Hebel verbinden läßt, hat sie einen großen Vorzug vor den übrigen Maschinen. Dazu kommt noch das Reiben, das an keiner einfachen Maschine so stark ist als an der Schraube, wodurch freilich die Kraft etwas verliert, oder größer sein muß, als sie nach der Theorie

sein

sein sollte; aber daher gewinnt man auch auf eine andere Weise wieder. Denn wenn sie einmal bis auf einen gewissen Punkt gedreht worden ist, geht sie nicht so leicht wieder zurück, wenn auch gleich die Kraft zu wirken aufhöret. Besonders ist dies der Fall bei Schrauben mit engen Gängen, die jedesmal da gebraucht werden, wo der Widerstand auf eine lange Zeit ohne weiteres Zuthun der Kraft überwunden werden soll, z. B. beim Pressen, Zusammendrücken und Befestigen der Theile an einander, bei Erhebung schwerer Lasten, die nicht wieder zurückfallen dürfen, wie dies vorzüglich der Fall ist mit Dächern, Gebäuden, die in die Höhe geschraubt werden sollen, um bequemer darunter bauen zu können.

101.

Bei dem Zusammenpressen der Körper wird die Schraube entweder so gebraucht, daß die Mutter im Gestelle fest ist, und die Spindel mit einem durchgesteckten Hebel (dem Zughengel) herumgedrehet, und gegen den Widerstand niedergetrieben wird, wie die Druckerpressen, Keltern, Kattundruckerpressen, Papierpressen u. s. w.; oder so, daß die Spindel feststeht, und die Mutter mittelst Handhaben, welche hier die Stelle des Hebels vertreten, herumgedrehet wird, und eine daran liegende Platte gegen den Widerstand antreibt, wie bei den Buchdruckerpressen.

102.

Da die Schraube bei ihrer geringen Größe, so viele Gewalt ausstehen muß, so ist vorzüglich darauf

zu

zu sehen, daß die Gänge stark und gleichförmig ausgearbeitet werden. Um die Gänge mehr zu schonen, werden bisweilen Schrauben mit doppelten Gängen gemacht. Eine solche Schraube hat zwar nicht mehr Vermögen als eine einfache, aber die Gänge leiden nur halb so viel Druck.

## Der Keil.

103.

Diese Maschiene, die auch zu den einfachen in der Statick gezählet, und von den meisten Mathematikern, als eine Zusammensetzung zweier schiefen Flächen angesehen wird, ist nichts weiter als eine Prisma, wovon die 25ste Figur der 2ten Tafel, den Durchschnitt desselben vorstellt. Die beiden Seiten A C und D C, machen den Winkel A C D mit einander, und die beiden Dreiecke A B C und D C B, stoßen mit ihrer Grundlinie in B C zusammen. Auf A B, oder vielmehr auf A D, werden entweder Gewichte gelegt, durch welche der Keil zwischen feste Körper hineindringt, oder das Eindringen desselben geschieht auch mittelst Schläge oder Stöße, wodurch denn der feste Körper gewöhnlich gespaltet wird.

104.

Soll der Keil die beiden festen Körper, die auf irgend eine Art zusammen hängen, aus einander bringen, so kann man, wie ich schon im vorigen § erwähnt

habe,

habe, A C B und B D C als Durchschnitte der beiden schiefen Fläche ansehen, und die beiden ein paar ähnliche Dreiecke bilden, folglich A C = C D ist; diese beiden Dreiecke, wo die Kraft auf die dritte Seite A D als Gewicht gelegt wird, schiebt man unter die beiden Körper E und F, und sucht sie auseinander zu bringen. Aus der Theorie der schiefen Fläche ergiebt sich nun das Gleichgewicht von A B : B C. Je kleiner also A B gegen A C wird, desto größer ist das Vermögen des Keils, und desto tiefer wird er in einen Körper einzudringen, und seine Theile abzusondern suchen.

105.

Allein bei dem Gebrauche des Keils kommen noch viele andere Umstände, die sich nicht so ganz mit der Theorie desselben vereinigen lassen, vor. Aus dem Grunde ist die Theorie dieser Maschine etwas verwickelt, und hat zu verschiedenen Behauptungen in Rücksicht des Gleichgewichts Veranlassungen gegeben, die Behrmann in seiner Disputation de cuneo, Wittenb. 1751 wohl am besten gehoben hat. Die Kraft, die auf dem Keil wirkt, ist nicht ein blosser Druck, sondern vielmehr ein Stoß oder Schlag, dessen Stärke sich nicht allemal nach den Gesetzen der Statik beurtheilen läßt. Wenn der Keil blos durch den Druck, als eine bloße Kraft würkt, wie dies in der That der Fall bei dem Gewölbesteinen ist, so kann man die Wirkung desselben, nach dem obigen Satze vom Gleichgewicht beurtheilen; aber anders ist es,

wenn

wenn der Keil eine Last heben, oder Holz spalten soll. Dazu kommt noch, daß der Keil fast nie ohne gewaltsames Reiben wirkt; und in dieser Hinsicht kommt er mit der Schraube überein.

Alle unsere Messer, Scheeren, Schneidewerkzeuge, kann man als Keile ansehen und deren Wirkung nach demselben bestimmen. Dazu gehören auch alle Nägel, Nadeln u. s. w. Je spitzer diese Werkzeuge sind, desto tiefer dringen sie in die Körper ein, die sie aus einander spalten sollen.

106.

Diese, bisher erläuterte Werkzeuge, nennt man die sechs einfachen Maschinen oder Potenzen, deren zwei derselben ihren Grund in der Theorie des Hebels haben; zwei aber aus der Theorie der schiefen Fläche hergeleitet werden.

Wir wollen uns nun zu den zusammengesetzten Maschinen begeben, und deren Theorie im Zustande des Gleichgewichts herauzubringen suchen. Der zusammengesetzten Maschinen giebt es sehr viele, und sie alle hier zu erklären, würde wider den Zweck dieses Buches sein; nur einige von denselben, welche durchgehends bei den Maschinen vorkommen, deren Zusammensetzung und Wirkung sollen hier in möglichster Kürze erläutert und auseinander gesetzt werden. Von den übrigen werden wir noch bei Gelegenheit der Maschinen selbst, das Nöthige beizubringen wissen.

## Der zusammengesetzte Hebel.

### 107.

Verbindet man mehrere einfache Hebel mit einander, so läßt sich nicht läugnen, daß eben durch diese Verbindung die Kraft sehr gewinnen muß. Aber an der andern Seite muß man auch eben so viel an der Zeit verlieren.

Es sei A B C (Fig. 26 Tab. II), ein Hebel der ersten Art, dessen Ruhepunkt in B liegt; in A hängt die Last L herunter, und in C zieht die Kraft nach der Richtung C D, auf einen Hebel der zweiten Art E D F, dessen Unterstützungspunkt in E liegt; dieser ist wieder nach der Richtung F G mit dem dritten Hebel H G I, dessen Ruhepunkt in H ist, und dieser endlich mit dem vierten Hebel N M O, dessen Ruhepunkt in O liegt, verbunden.

Die Kraft K, die in N angebracht ist, sucht die Last L, mitteltst der vier Hebel zu halten. Hier entsteht die Frage, wie sich K zu L im Stande des Gleichgewichts verhalte? Um dieses zu finden, so multiplicire man B C mit F E, mit H I und mit O N. Dieses Produkt dividire man sodann durch das Produkt von B A, D E, G H und M O; der Quotient zeigt den Theil des Gewichts von der Last, für die Kraft an.

### 108.

Gesetzt, das Verhältniß der Kraft zur Last am Hebel der ersten Art A B C sei, wie 3 zu 1; am

Hebel

Hebel der zweiten Art E D F, wie 6 zu 1, am Hebel H G I, wie 4 zu 1 und O M N, wie 4 zu 1; so ist, wenn man 3. 6. 4. 4, dividirt durch 1, das Verhältniß der Kraft zur Last. Das erste Produkt ist 288; und einen solchen Theil von der Last L, braucht nur das Gewicht K auszumachen, um mit der Last L im Gleichgewichte zu sein; oder wäre die Last L = 288 ℔, so würde die Kraft K nur 1 ℔ betragen. Allein so viel man hier an der Kraft gewinnt, eben so viel verliert man auch bei dieser Zurüstung an Zeit. Denn in dem die Last um einen Fuß gehoben wird, muß sich die Kraft durch einen Raum von 288 Fuß bewegen. Wo wollte man bei einer Vorrichtung von Hebeln diesen Platz hernehmen, und wie klein fällt die Höhe in Vergleichung dieses Raums aus, auf welche die Last gebracht wird? Dies ist eben die Ursache, warum der zusammengesetzte Hebel so wenig Anwendung im gemeinen Leben findet. Ausgenommen bei einzelnen großen Wagen, wie die bekannte Leipziger Heuwage, wovon man beim Leupold eine umständliche Beschreibung antrift.

## Zusammensetzung der Rollen.

### 109.

Bei der Erklärung der einfachen Rollen haben wir schon im vorigen gesehen, daß die Kraft nur halb so viel betragen darf als die Last, wenn das eine Ende des Seils an einen Nagel befestiget wird, und die

Kraft an das andere Ende derselben angreift; doch unter der Voraussetzung, daß die Seile nach der Tangente der Rolle ziehen. Eine noch weit geringere Kraft wird nur nöthig sein, wenn mehrere Rollen mit einander verbunden werden.

110.

Die Rollen A, B, C, D und E, (Fig. 27) sind auf die Art, wie in der Figur zu sehen ist, mit einander in Verbindung gebracht, oder machen ein sogenanntes System von Rollen aus. An der Rolle A hängt die Last L. Die Rolle selbst hat aber nur die Hälfte der Last zu tragen, weil die andere Hälfte von dem Nagel a gehalten wird. Von der Hälfte trägt die Rolle B wiederum die Hälfte oder $\frac{1}{4}$ L, weil die andere Hälfte von dem Hacken b getragen wird. Dieses $\frac{1}{4}$ wird aufs neue durch die Rolle C in zwei Theile zertheilt, wovon $\frac{1}{8}$ die Rolle C, das andre aber der Hacken c trägt. Mit der Rolle D geht eben das vor, sie trägt aber nur $\frac{1}{16}$ L, das andre hält der Hacken d. Endlich trägt die Rolle E den $\frac{1}{32}$sten Theil der Last L, den andern hält der Hacken e. Wird nun der eine Theil des Seils um die Rolle F geschlagen, so braucht die Kraft K nur den 32sten Theil der Last auszumachen um diese im Gleichgewicht zu setzen. Wäre also die Last L = 32 ℔, so wäre K im Stande des Gleichgewichts = 1 ℔. Bekanntlich trägt die Rolle F, zu der Vermehrung der Kraft nichts bei; sondern sie verändert nur die Richtung der Kraft in eine bequemere als wenn sie aufwärts

zöge.

zöge. Der Zustand des Gleichgewichts findet nur so lange statt, so lange man das Gewicht der einzelnen Rollen A, B, C, D und E nicht in Betracht zieht. Geschieht aber dies letztere, so muß noch für das Gewicht der Rollen etwas zu der Kraft hinzugethan werden. Freilich macht dieses Gewicht kaum so viel aus, als eine einzige Rolle wiegt, weil die Hälfte der Rolle beständig von dem Hacken, an dem das andere Ende des Seils befestiget ist, getragen wird; aber dessen ohngeachtet kann man dessen Gewicht doch nicht ganz außer Acht lassen. Durch ein solches System von Rollen, läßt sich demnach ein großes Gewicht mit einem kleinen im Gleichgewichte erhalten, aber man büßt auch bei dieser Vorrichtung eben so viel an Geschwindigkeit ein, als an Kraft gewonnen wird. Denn man nehme an, die Last L soll 1 Fuß hoch gehoben werden, so müßte das Seil F K, sich um 32 Fuß abwinden. So ein System von Rollen braucht man häufig auf unsern Schiffen, um Waaren von einem Verdecke auf das andere zu bringen. Hier kann man mit wenigen Menschen große Lasten heben, weil oben auf dem Verdecke Platz genug für das abgewundene Seil ist, und überdieß die Last nicht hoch gehoben werden darf.

III.

Verbindet man mehrere Rollen mit einander und zwar so, daß sie sich gegen einander bewegen, so heißt eine solche Verbindung, ein Flaschenzug, der gewöhnlich aus zwei Sätzen oder Kloben besteht. Bei einem

einem Flaschenzug gewinnt die Kraft nach der Anzahl der Seile. Das Seil ist mit dem einen Ende P, an dem obern Kloben befestiget, und in dem untern Kloshängt in dem Hacken R (Fig. 28 Tab. II) die Last herunter; sie kann aber auch auf der Erde schleppen. Ein Theil der Last wird von dem Hacken P gehalten. Das Seil geht um die Rolle E G im untern Kloben herum, wird alsdann über die Rolle H I im obern Kloben geleitet; von da geht es wieder um die Rolle A D im untern Kloben, und von diesrr endlich um die Rolle M B des obern Klobens. Eigentlich tragen die Rollen im untern Kloben die Last; denn die Rolle E G trägt die Hälfte der Last und die Rolle A D den vierten Theil derselben. Die obern Rollen dienen nur die Richtung des Zugs zu verändern. So viel Seile also bei einem Flaschenzuge vorkommen, einen so großen Theil beträgt die Kraft von der Last. In unserer Figur sind vier Seile, also verhält sich K : L = 1 : 4.

112.

In eben dem Verhältnisse als man an Kraft gewinnt verliert man aber auch an der Geschwindigkeit. Denn wenn die Last L um einen Fuß fortgehen soll, so muß das Seil an welchem die Kraft zieht, sich um vier Fuß abwinden. Dies ist daher klar, weil sich das Seil von jeder Rolle um einen Fuß abwinden muß, indem die Last auf 1 Fuß steigen soll. Hiebey setzt man auch noch voraus, daß die Seile parallel mit einander gehen, und um dieses zu erhalten,

müssen

müssen die mittleren Rollen kleiner sein als die äussern. Bei dem Flaschenzuge oder dem Anziehen der Seile, ist die Friction sehr stark. Man kann dieses beim Anziehen der Seile sehr bald merken. Die Last bekommt mit einmal einen Ruck, und alsdannn wird sie erst von der Kraft fortgeschleppt. Ganz deutlich kann man dieses bei dem Herausholen schwerer Lasten aus dem Wasser gewahr werden. Uebrigens wird der Flaschenzug in mancher Hinsicht, besonders aber beim Bauwesen, gebraucht. Auch bei dem Herausziehen der Bäume aus der Erden, läßt er sich mit vielem Vortheile anbringen. In den mehrsten Fällen verbindet man ihn mit mehrern einfachen Maschinen, z. B. beim Schiffs Herausziehen aus dem Wasser, verbindet man ihn mit der schiefen Fläche und einer Erdwinde, auch mit andern Haspeln.

## Zusammensetzung der Räder.

113.

Bei der Erklärung der einfachen Maschienen ist schon gezeigt und bewiesen worden, was für einen Vorzug das Rad an der Axe vor einem einfachen Hebel hat, und eben diesen Vorzug hat auch eine Verbindung von Rädern vor einem zusammengesetzten Hebel. Man lasse daher mehrere Räder, die nicht an einer Axe sind, durch eine Vorrichtung an den Rädern selbst, in einander greifen, so wird dadurch, wie man bald erfahren wird, ungemein an der Kraft gewonnen werden.

114.

114.

Um die Wirkung mehrerer Räder einzusehen, verbinde man die drei Räder D, E und F (Fig. 29) so mit einander, daß die Welle B des Rades E, von dem Rade F, und das Rad E, die Welle C des Rades D, in Bewegung setze. An der Welle A des Rades F, ziehe die Last L nach A L herunter, und an dem Umfang des Rades D, lasse man nach der Richtung G K, oder nach der Tangente des Rades, die Kraft K angreifen, so wird im Stande des Gleichgewichts, die Kraft K sich zu der Last L verhalten, wie das Produkt der Halbmesser der Wellen, zu dem Produkte der Halbmesser der Räder.

115.

Diese Regel, deren wir hier eben erwähnt haben, einigermassen zu beweisen, wollen wir annehmen, der Halbmesser der Welle A des Rades F, verhalte sich zu dem Halbmesser des Rades, wie 1 zu 4; so braucht man nur eine Kraft von dem vierten Theil der Last an den Umfang des Rades F angreifen zu lassen, um die Last L zu halten, und eben so viel braucht auch nur die Welle B des Rades E zu überwinden; oder der vierte Theil der Last drückt nur auf die Welle B des Rades E. Der Halbmesser der Welle B des Rades E, verhalte sich zu dem Halbmesser des Rades, wie 1 zu 5, so braucht die Kraft, die am Umfange des Rades E wirkt, nur den fünften Theil

von

von der Last, welche an der Welle B drückt, auszumachen. Die Last an der Welle B war $\frac{1}{4}$ L, mithin ist die Kraft am Umfange des Rades $E = \frac{1}{20}$ L; und mit diesem Theile der Last wird auch nur die Welle C des dritten Rades gedrückt. Verhält sich nun der Halbmesser dieser Welle, zu dem Halbmesser des Rades D, ebenfalls wie 1 zu 5, so ist die Kraft, die nach G K am Umfange des Rades D zieht, dem fünften Theil der Last gleich, die an der Welle C wirkt, oder dem hundersten Theil der Last L, die an der Welle A hängt. Und in eben dem Verhältniß steht das Produkt von den Halbmessern der Wellen zu dem Produkte von den Halbmessern der Räder. Beträgt die Last 100 ℔, so braucht die Kraft K nur 1 ℔ zu sein, um die Last das Gleichgewicht zu halten.

116.

Der Deutlichkeit halber, nehme man an, daß vier Räder auf die beschriebene Art zusammengesetzt wären, deren Halbmesser 5, 9, 11 und 14 Fuß betragen, die Halbmesser ihrer Wellen aber 1, 2, 3 und 4 Fuß groß sind; so wird das Verhältniß der Kraft zur Last, wie $\frac{5.\ 9.\ 11.\ 14}{1.\ 2.\ 3.\ 4} = \frac{6930}{24} = 288\frac{3}{4} : 1$ sein. Das heißt die Kraft, welche am vierten Rade nach der Tangente desselben zieht, braucht nur den $288\frac{3}{4}$ten Theil der Last auszumachen, um das Gleichgewicht darzustellen. Aber in eben dem Verhältnisse verliert man auch bei der Zusammensetzung, wie bei

allen

allen übrigen Maschinen, an Zeit. Denn in unserer Figur, wird die Kraft, welche an dem Umfange des Rades F zieht, in eben der Zeit einen viermal grössern Raum beschreiben, als die Last L, die an der Welle A zieht, und das Rad E sich fünfmal geschwinder bewegen, als das Rad F, und D fünfmal geschwinder als das Rad E; mithin muß die Kraft K sich in eben der Zeit als die Last L um 1 Fuß in die Höhe geht, durch einen Raum von 100 Fuß bewegen: Man verliert also, wie wir hier klar genug bewiesen haben, grade so viel an der Zeit als man an der Kraft gewinnt.

117.

Die Verbindung der Räder erhält man bekanntlich dadurch, daß ihre Umkreise in Zacken oder sogenannte Zähne ausgebildet werden. Diese greifen in einander, und dadurch bewegt das eine Rad das andere. Man kann aber auch Räder, die in ihrem Umfange, oder auf ihrer Fläche, keine Erhöhungen oder Vertiefungen, überhaupt Zähne, haben, durch Schnüre in Bewegung setzen. Dies ist der Fall bei unsern Spinnrädern, Spinnmaschinen und andern Werkzeugen, die bei verschiedenen Manufakturen und Fabriken gebraucht werden. Bei den Rädern, die mit Zähnen versehen sind, greift eigentlich das gezahnte Rad in die gezahnte Welle eines kleinern Rades, wodurch dann ein größeres Rad herum getrieben wird.

118.

118.

Stehen die Zähne in der fortgesetzten Fläche des Rades, so heißt ein solches Rad ein Stirnrad (Fig. 30); stehen die Zähne aber lothrecht auf der Seitenfläche des Rades, so heißt es ein Kamm- oder Kronenrad (Fig. 31). Sind die Zähne der Welle oder des kleinen Rades, mit der Axe in einem Stück verbunden, so heißt es ein Getriebe (Fig. 32); besteht es aber aus Stöcken, die von zwei Scheiben zusammen gehalten werden, so führt es den Namen Trilling oder Drehling (Fig. 33). Wenn die Zähne der Räder in die der Getriebe, oder zwischen die Stöcke der Trillinge eingreifen sollen, so begreift man leicht, daß die Zähne in beiden gleich weit von einander abstehen müssen.

119.

Aus der Anzahl der Zähne eines Rades und des Getriebes oder der Stöcke des Trillings, läßt sich die Geschwindigkeit des letztern leicht angeben. Man nehme z. B. an, das Rad F habe 60 Zähne, und das Getriebe des Rades E, habe 12 Zähne, so wird sich das Rad E, fünfmal geschwinder herumdrehen als das Rad F. Denn es ist klar, daß die Zähne des Getriebes B, sich fünfmal auswinden müssen, während daß das Rad F, einmal herumkömmt. Hat das Rad E nun wieder 60 Zähne, und greift in das Getriebe C des Rades D von 12 Zähnen, so wird das letztere wieder fünfmal geschwinder herumkommen, als

das

das Rad E, mithin 25mal geschwinder als das erste Rad F. Da dieses Rad sich schon viermal geschwinder bewegt als die Welle A, so wird das letztere Rad D, oder statt des Rades kann man auch eine Kürbel nehmen, sich 100 mal geschwinder bewegen als die Welle A. Um also zufinden, wie vielmal das eine Rad geschwinder gehe als ein anderes, braucht man nur die Zahl der Zähne des Rades, durch die Zahl der Zähne des Getriebes von dem andern Rade zu dividiren. Der Quotient zeigt an, wie oft das leztere Rad, gegen das erstere, herumkömmt.

120.

Die meisten Maschinen, die durch ein zusammengesetztes Räderwerk bewegt werden, haben größtentheils den Zweck, durch eine große Kraft eine geschwinde Bewegung hervorzubringen. Der umgekehrte Fall, durch eine kleine Kraft, eine große Last zu heben, hat in der Ausübung weit mehr Schwierigkeiten als der erste. Bei den gewöhnlichen Getreidemühlen und bei den Uhren, verlangt man eine geschwinde Bewegung; daher erfordern diese Maschinen eine große Kraft. Man erinnere sich des Satzes, was man an der Zeit gewinnt, das verliert man an der Kraft. Unten in der practischen oder technischen Mechanik werden wir noch oft Gelegenheit haben, von diesem Satze Gebrauch zu machen.

121.

Um sich mit dieser Art Rechnung noch mehr bekannt zu machen, und sich gewissermassen eine Fertigkeit

keit darinn zu verschaffen, wollen wir hier den Gang einer gewöhnlichen Taschenuhr berechnen. Zur bessern Verstädlichkeit dieser Rechnung ist es aber nöthig unsere Leser, vorher mit der Einrichtung, oder vielmehr mit der Beschreibung der Theile einer solchen Uhr, bekannt zu machen.

122.

A, (Fig. 34 Tab. II) ist das Federhaus, in welchem die Feder, welche die ganze Uhr in Bewegung setzt, eingeschlossen ist. Um das Federhaus geht eine feine Kette, die sich von dem Kegel B, oder der Schnecke, während der Bewegung der Uhr abwickelt. Unter der Schnecke befindet sich, an ihrer Axe, das Schneckenrad C, welches in das Getriebe des Minutenrades D, (großen Bodenrades) eingreift. Dieses Rad greift ferner in das Getriebe des Mittelrades E oder des kleinen Bodenrades; das Mittelrad greift in das Getriebe des Kronenrades F, und dieses in den horizontal liegenden Trilling des Steigrades G. Die Zahnschnitte dieses Rades fassen die beiden Lappen, wovon in der Zeichnung nur einer zu sehen ist, wechselsweise hin und her, wodurch die Unruhe I, durch deren Mitte die Spindel geht, hin und her sich zu schwingen genöthiget wird. Hier ist der Widerstand der bewegenden Kraft.

123.

Um nun die Geschwindigkeiten der verschiedenen Rädern gegen einander anzugeben, so hat das Schnes

kenrad

kenrad bei unsern gewöhnlichen Uhren, 48 Zähne, das Minutenrad 54, dessen Getriebe 12 Zähne; mithin geht dieses 4 mal herum, während daß das Schneckenrad einmal herum kommt. Das Minutenrad kommt in einer Stunde einmal herum, also das Schneckenrad in 4 Stunden einmal. Die Schnecke muß daher wenigstens 6 Umgänge haben, wenn die Uhr 24 Stunden gehn soll. Das Mittelrad hat 48 Zähne und dessen Getriebe 6, es geht also 9 mal geschwinder als das Minutenrad, oder es kommt in einer Stunde 9 mal herum. Das Kronenrad hat ebenfalls 48 Zähne, und dessen Getriebe 6, mithin geht es 8 mal geschwinder als das Mittelrad, oder es kommt in einer Stunde 72 mal herum. Das Getriebe des Steigrades besteht aus 6 Stäben, und das Rad selbst aus 15 Zähnen. Es bewegt sich demnach 8 mal geschwinder als das Kronenrad, oder kommt in einer Stunde 576 mal herum. Da die Spindel an der Unruhe mit zwei Lappen versehen ist, und das Steigrad 15 Zähne hat, so thut die Unruhe während eines Umlaufs des Steigrades, 30 Streiche, also in einer Stunde 17280 Streiche, das ist, 48 Streiche in 10 Secunden.

### 124.

Jede Taschenuhr ist mit einem vorgelegten Werke versehen, worin sich die Räder zur Bewegung der Zeiger befinden. Die Welle des Minutenrades geht durch den Oberboden der Uhr, und an der Axe oder der Welle desselben, befindet sich ein Rohr, welches ein

Getriebe L von 12 Zähnen hat. Dieses greift in ein Wechselrad M von 36 Zähnen, welches also 3 mal langsamer geht als das Minutenrad. Da dieses aber in einer Stunde einmal herum kommt, so kommt das Wechselrad in 3 Stunden einmal herum. An der Welle von diesem Rade ist ein Getriebe von Zähnen, das in das Stundenrad O von 40 Zähnen greift. Dieses Rad geht also 4 mal langsamer als das Wechselrad, oder es kommt in 12 Stunden einmal herum. An der Welle des lezten Rades befindet sich der Stundenzeiger, der mit dem Minutenzeiger auf dem Zieferblatte herumgeht. Was die übrige Einrichtung einer Uhr betrift, so werden wir das Nöthige und Wissenswerthe darüber unten näher erläutern. Hier haben wir nur blos die Bewegung der verschiedenen Theile einer Uhr erklären wollen.

125.

Bei den übeigen Maschinen, die durch Räderwerke bewegt werden, giebt man aber den Rädern nicht eine solche Eintheilung, daß die Zähne derselben sich mit den Zähnen der Getriebe oder den Stöcken der Trillinge, genau dividiren lassen, sondern wählt fast immer eine solche Zahl für die Theilung, die sich nicht ohne Bruch theilen läßt. Dies geschieht deswegen, weil sonst, während des Umgehens eines Rades, dieselben Zähne sich einander wieder treffen. Würde nun grade einer der Zähne nicht gut ausgearbeitet sein, so könnte eben dadurch sehr leicht der Gang der ganzen Maschine in Stocken gerathen. Wenn

also z. B. ein Rad 71 Zähne, und der dazu gehörige Trilling, 7 Stöcke hat, so geht der Trilling $10\frac{1}{7}$ mal geschwinder herum als das erste Rad; mithin werden alle Zähne des Rades, sich nach und nach auswinden, ohne daß der Stock des Trillings, während des Umgehens, denselben Zahn treffen wird. Durch diese Einrichtung werden auch selbst die Zähne, nach und nach die eigentliche Gestalt annehmen, die sie der Theorie nach, gleich anfangs haben sollten. Freilich kann man ihnen diese Figur sogleich geben, aber es stellen sich doch oft Schwierigkeiten ein, die es manche Maschienenbauer schwer machen würden, selbige auszuführen. Wir wollen indessen das gewöhnliche Verfahren, worin die Eintheilung der Räder von den mehresten practischen Schriftstellern gelehrt wird, vortragen, und auch etwas von den Linien, nach welchen die Bildung der Zähne geschehen sollte, sprechen, ohne die Grenzen dieses Vortrages zu überschreiten. Es wäre auch überflüßig aller dieser Arten hier anzuführen, da die Hamburgische Gesellschaft zur Beförderung der Künste und Gewerbe über diesen Gegenstand, bald was ausführliches in ihren Schriften zu liefern gedenkt.

## Die Eintheilung der Räder, der Getriebe und der Trillinge.

126.

Jedes Rad, das in Zähne eingetheilt werden soll, kann man als ein Vieleck ansehen, das aus so viel

Seiten

Seiten besteht als es Zähne oder Kämme hat; aus der Seite eines solchen Rades läßt sich nun leicht der Halbmesser desselben angeben. Das erste aber was dabei zuwissen nöthig ist, betrift den Abstand der Zähne, oder die sogenannte Theilweite. Zweitens die Gestalt oder Figur der Zähne. Von beiden wollen wir hier eine kurze Uebersicht unsern Lesern mitzutheilen suchen. Sturm giebt in seiner Mühlenbaukunst für die Weite von der Mitte des Zahns zu jedem andern auf ihm folgenden, die Größe zwischen $3\frac{1}{2}$ Zoll und 5 Zolle an. Andere, z. B. Claussen, giebt in seiner Preißschrift eine Theilweite von 5 Zoll und $5\frac{1}{2}$ Zoll an, und glaubt, daß sie nicht viel größer und kleiner genommen werden kann. Denn macht man sie größer, so werden zwar die Kämme und Stöcke dicker und stärker, aber ihre Zahl weniger, und folglich faßt alsdann das Rad weniger Stöcke im Getriebe, und je mehr Stöcke die Kämme fassen, desto ebener schließen sie mit einander; macht man aber die Theilweite kleiner, so verlieren die Kämme gar zu viel in der Stärke und Dauer.

127.

Allein im Ganzen genommen, richtet sich diese Weite mehr nach der Last, die das Rad zu bewegen hat, als nach einer vorgeschriebenen bestimmten Zahl. Wir wollen indessen annehmen, die Theilweite eines Rades wäre 5 Zoll, und das Rad sollte 61 Zähne bekommen, so müßte der Umfang des Ra-



Bayerische Staatsbibliothek München

des = 61. 5 Zoll = 305 Zoll betragen. Dieses Rad wäre alsdann im Durchmesser, nach dem Verhältnisse von 355 : 113 = 97 Zoll 1 L. folglich der Radius = 48 Zoll $6\frac{1}{2}$ L. oder 4 Fuß und $6\frac{1}{2}$ L. groß.

Bei unsern Mühlen erhalten die Kammräder nur einen Radius von 8 bis 10 Fuß. Die Zahl der Kämme bei den verschiedenen Rädern fällt zwischen 61 und 73. Warum man eine ungrade Zahl wählt, findet man die Gründe in (125) angeführt. Ist hingegen der Halbmesser eines Rades und die Zahl der Zähne gegeben, so läßt sich die Theilweite leicht aus dem Umfange des Kreises oder Vielecks bestimmen. Denn dividirt man den Umfang des Rades mit der Anzahl der Zähne, so giebt der Quotient die Theilweite an. Das Rad habe z. B. einen Radius von 5 Fuß, und die Zahl der Kämme betrage 71; so ist der Umfang des Rades = $\frac{355.\ 10\ \text{F.}}{113.}$ = 31 Fuß 5 Zoll = 377 Zoll.

Also die Theilweite = $\frac{377\ \text{Zoll}}{73}$ = $5\frac{1}{6}$ Zoll.

128.

Was den zweiten Umstand betrift, nemlich die Figur der Zähne, so ist es wohl ohne weitern Beweis klar, daß eckigte Zähne weit stärker gegen einander treffen, als wenn man ihnen eine runde Gestalt giebt. Aber ganz rund müssen sie auch nicht sein, weil die Erfahrung lehrt, daß die Zähne in der Folge

eine

eine andere Gestalt annehmen, als die kreisrunde; und grade in dieser Gestalt geht die Maschine weit besser als in der ersten. Um also dem Zahne gleich zu Anfange diese Figur zu geben, so haben schon die ältern Praktikern folgendes Verfahren vorgeschlagen, einen Zahn zu zeichnen. Mit der Breite oder Dicke des Zahns a b (Fig. 35), beschreibe man ein Quadrat a b c d, theile die obere Seite a b, in zwei gleiche Theile, und beschreibe aus c mit b c, den halben Kreis a f b; so giebt dieser die obere Rundung des Zahns. Die Höhe desselben verhält sich also zu der Breite des Zahns, wie 3 zu 2. Allein dieser Zahn ist noch etwas zu rund und muß spitzer gemacht werden, wenn das Getriebe oder der Trilling, in welches das Stirn- oder Kammrad eingreift, wenige Zähne oder Stöcke hat. Zu dem Ende beschreibe man, wie vorhin, mit der Breite des Zahns ein Quadrat a b c d (Fig. 36), und aus b, mit a b, den Bogen a F H, und auch aus a mit eben der Weite, den Bogen b G H, die sich beide in H schneiden. Hierauf wird sowohl der Bogen a H als b H, in F und G in zwei gleiche Theile getheilet, und die Punkte b und F, wie auch a und G, durch grade Linien a G und b F zusammen gezogen. Aus dem Durchschnittspunkte C, der beiden Linien b F und a G, wird mit C F oder C G, der Bogen F G beschrieben, wodurch die obere Rundung des Zahns bestimmt wird.

129.

Es ließen sich leicht noch mehrere Verzeichnungsarten der Zähne, wie die beiden vorhergehenden, erfinden, wenn man völlig seinen Zweck dadurch erreichte; aber die Krümmung ist noch nicht immer rund genug, alle Schwierigkeiten, die bei der Bewegung der Räder vorkommen, aus dem Wege zu räumen. Schon am Ende des 17ten Jahrhunderts verfielen zwei berühmte Mathematiker, nemlich Römer und Delahire, auf eine andere krumme Linie, nach welcher die Figur der Zähne ausgebildet werden müssen, wenn sie dieses leisten sollen. Von dieser krummen Linie, oder deren Entstehung, kann man sich folgende Vorstellung machen. Man befestige eine Cirkelscheibe von Holz, Pappe oder Metall auf einem Tisch oder Pappe. Nun lege man eine andere Cirekelscheibe an diese, bezeichne den Punkt, mit welchem sie einander berühren, rolle alsdann diesen Cirkel um den festgelegten, und bemerke hier und dort auf der unter gelegten Pappe den Weg dieses Punkts, bis er wieder an den festliegenden Cirkel zurück kömmt. Man ziehe durch diese Punkte mechanisch eine krumme Linie, die sie alle verbindet, und man wird eine Linie sehen, die eine schärfere Ründung hat, als ein Cirkel. Diese Linie heißt die Epicycloide. Arbeitet man die Kämme und Zähne nach dieser Linie aus, so giebt man denselben die vollkommenste Gestalt.

## Eintheilung eines Stirnrades.

### 130.

Mit dem Halbmesser des Rades beschreibe man einen Kreis, der durch A, B und D geht. Dies ist der Theilungskreis; der Umfang desselben wird in so viel Theile getheilt, als das Rad Zähne haben soll. Durch die Eintheilungspunkte A, B und D, (Fig 37 Tab. II) ziehe man nach dem Mittelpunkte des Rades grade Linien, welche die Axe der Zähne vorstellen. Theile hierauf die Weite der Zähne, als A B und B D, in 7 gleiche Theile. Von diesen Theilen nehme man $1\frac{1}{2}$, und trage diese aus A und B in E und C, und aus A in F und G u. s. w. wodurch der Zahn eine Dicke von $\frac{3}{7}$ der Theilungsweite enthält. Aus B trage auf die Axe des Zahns $\frac{3}{7}$ bis in h, und ziehe aus dem Mittelpunkte des Rades, den Kreis L H K, welcher der äußerste Umfang des Rades ist. Aus eben dem Punkte B, trage man aufwärts auf die Axe, $1\frac{1}{2}$ Theile von A B, und beschreibe aus dem Mittelpunkt des Rades, durch n O P einen blinden Kreis. Hierauf ziehe aus C und E, mit B H, die Linien E R und C Q parallel, und aus E und C, mit E C die Bogen z C und x E, so ist der Zahn fertig. Besser ist es, wenn man die Krümmung der Zähne nach der oben erklärten Epicycloide beschreibt.

### 131.

Was den Zahn des Getriebes oder Trillings betrift, so bleibt für die Dicke desselben, noch $\frac{4}{7}$ von A B übrig.

übrig. Da aber noch ein kleiner Spielraum zwischen den beiden Zähnen bleiben muß, so rechnet man für diesen gewöhnlich $\frac{1}{3}$ von $\frac{1}{7}$ des Raums ab, der zu beiden Seiten, nemlich von C und G abgesetzt wird. Dadurch erhält also der Zahn des Getriebes, eine Dicke von $3\frac{2}{3}$ der Theilungsweite.

Anmerk. Andere praktische Schriftsteller geben der Theilungsweite eine Grösse von $3\frac{1}{2}$ oder 3 Zoll. Die Zahl der Kämme erstreckt sich von 113 bis 141. Diese Eintheilung richtet sich nach dem Durchmesser des Steins. Die Kämme eines Stirnrades zu $3\frac{1}{2}$ Zoll Theilung, müssen die Köpfe 3 Zoll lang und $3\frac{3}{4}$ Zoll breit, und Kämme zu 3 Zoll Theilung, müssen die Köpfe $2\frac{1}{2}$ Zoll lang und $2\frac{1}{4}$ Zoll breit sein.

Um den Kämmen und Stöcken in Hinsicht der Theilung die verhältnißmässige Dicke zu geben, wird die Theilweite (Stich) in 5 gleiche Theile getheilt, da denn die 2 Theile, die Dicke der Kämme, und die übrigen 3 Theile, den Diameter der Stäbe zeigen. Die hölzernen Kämme müssen so gemacht werden, daß sie mit der Spiegelseite gegen die Stöcke des Getriebes fassen.

## Eintheilung eines Kammrades.

132.

Den Zähnen eines Kammrades, giebt man $\frac{3}{7}$ der Theilungsweite, wie beim Stirnrade. Auf die Axe des Zahns, wird zu beiden Seiten des Punkts B

(Fig.

(Fig. 38 Tab. III) $1\frac{1}{2}$ Theile abgesezt, und aus dem Mittelpunkt des Rades, durch F und E, Kreise gezogen. Darauf beschreibt man sowohl aus L, als aus H, mit L H die beiden Bogen G H I und K L M, so ist der Kamm des Rades gezeichnet.

Den Trillingsstock zeichnet man auf eben die Art, wie den Zahn von einem Getriebe

Dem Zapfen der Zähne für beide Räder, giebt man gewöhnlich $\frac{2}{3}$ der Breite des Zahns.

Anmerk. In Mühlen, wo die Steine einen Durchmesser von 5 Fuß haben, gebe man der Theilung eine Weite von 5 Zoll; in solchen aber, die einen Stein von $5\frac{1}{2}$ Fuß im Durchmesser haben, gebe man der Theilungsweite $5\frac{1}{2}$ Zoll. Die Zähne müssen aus trocknem harten Holze gemacht werden. Im Trocknen ist Hagebuchenholz gut; hingegen bei Wassermühlen muß man sie aus gutem braunen Eichenholze verfertigen.

Die Kämme und Stöcke müssen mit zusammengeschmolzenem Pottloth und Talg geschmiert werden.

## Zusammensetzung der schiefen Fläche mit andern einfachen Maschinen.

### 133.

In Verbindung mit einer Erdwinde und einem Flaschenzuge, läßt sie sich mit sehr vielem Vortheile, beim Herausziehen der Schiffe aus dem Wasser, anwenden. Da die Richtung in diesem Fall parallel mit

der

der schiefen Fläche geht, so gewinnt 1) die Kraft hierbei in dem Verhältniß der Höhe zu der Länge der schiefen Fläche. Wird das Schiff nun mit einem Flaschenzuge längs der schiefen Fläche hinauf gezogen, und das Seil desselben windet sich zuletzt um die Welle einer Erdwinde, die mit langen Hebeln herumgedrehet wird, so gewinnt die Kraft 2) nach der Anzahl der Seile des Flaschenzuges, wozu noch 3) das Verhältniß der Länge des Hebels zur halben Dicke der Welle von der Erdwinde kommt. Es sei z. B. das Gewicht eines Schiffes 100,000 ℔; die Länge der schiefen Fläche auf 200 Fuß, habe 10 Fuß zur Höhe, so braucht man nur den 20sten Theil der Last als Kraft anzuwenden, das ist, 5000 ℔. Der Flaschenzug bestehe aus 5 Seilen, so gewinnt man dadurch, nach dem Verhältniß von 5 zu 1; also braucht jetzt die Kraft nur noch 1000 ℔ zu sein: und ist die Länge des Hebels 5 mal so groß als die halbe Axen Dicke der Erdwinde, so kommt auf jeden 50 ℔, welches für einen Menschen zu viel ist. Allein man braucht nur zwei Menschen an jeden Hebel zu stellen, so wird die Last hinlänglich aus dem Wasser gehoben werden können.

134.

Wir haben schon oben, bei der Beurtheilung des Gleichgewichts der schiefen Fläche, des Vortheils erwähnet, welcher dieser Maschine in Verbindung anderer zu leisten fähig ist. Unter dieser Benutzung zeichnet sich die, welche der berühmte schwedische Schiffsbaumeister Scheldon angegeben hat, vor-

züglich aus. Voraus muß man wissen, daß nicht nur jede Fläche, die mit der Horizontallinie einen Winkel macht, eine schiefe Fläche zu nennen sei; sondern auch jede andere, die vermöge ihrer Lage, einen auf sie drückenden Körper, seiner Schwere entgegen, in die Höhe hebet, ist so zu nennen. Die Erklärung dieser Maschine wird unsern Lesern von dem Erfolg derselben völlig überzeugen.

135.

A C, (Fig. 39. Tab. III) sei der Durchschnitt eines herunter hängenden Balken von einem Gebäude, den man wieder in eine horizontale Lage bringen will. P I sei die Stütze wodurch dieses geschehen soll. Bewegt sich diese Stütze nach dem Bogen o n, so wird der Balken weder in die Höhe gehen, noch weiter herunter sinken. Dieses leztere hängt offenbar von der Stärke der Stütze ab. Bewegt sich aber die Stütze nach jeder andern Linie, die den Kreisbogen schneidet, so wird der Balken nothwendig, wenn hinlängliche Kraft angebracht wird, seiner Schwere entgegen, in die Höhe gehen. Man lasse also die Stütze längs einer solchen Fläche sich bewegen, so wird diese immer in Rücksicht der Last oder des Balkens, als eine schiefe Fläche anzusehen sein. Von der Art ist nun der Durchschnitt der Fläche T R Q.

136.

Man muß nicht glauben, daß die ganze Last des Balkens mit dem Theil des Gebäudes, das auf ihm

liegt,

liegt, oder woran er befestiget ist, die Stütze in P drücken wird; sondern nur ein Theil von diesem Gewichte drückt auf ihn. Um diesen Theil zu finden, verlängere man die Richtung der Stütze nach G F, und ziehe auf diese Linie, aus dem Unterstützungspunkte C, das Perpendikel C F; aus eben dem Punkte ziehe man auch auf die Schwerlinie E D des Balkens C A, das Perpendikel C E, so erhält man den Winkelhebel E C F, an dessen langen Arm die Kraft, an den kürzern Arm aber die Last zieht. Gesetzt die beiden Arme verhalten sich wie 3 zu 2, und die ganze Last des gesunkenen Gebäudes betrage 9000 ℔, so wird die Stütze in P, oder die schiefe Fläche, mittelst der Walze H, in I mit 6000 ℔ gedrückt. Um nun das Verhältniß der Kraft zu diesem Druck der Last, auf der schiefen Fläche I T anzugeben, so ziehe man auf die Stütze die Linie K I senkrecht, und mit derselben aus K, die Linie K L parallel, so ist K L die Höhe, und L I die Länge der schiefen Fläche. Da die Stütze sich nun längs L I bewegen muß, um den Balken C A um L K in die Höhe zu bewegen, so verhält sich die Kraft zur Last, wie K L : L I. Nun sei K L = $\frac{1}{12}$ von L I, und da die Walze H, wie wir oben gefunden haben, einen Druck von 6000 ℔ leidet, so braucht die Kraft, welche den Balken halten soll, nicht größer als 500 ℔ zu sein. Die Walze wird aber mit dem Hebel H M, oder mit mehrern, bewegt, denen wir eine fünfmal grössere Länge, als der Halbmesser der Welle beträgt, geben wollen, so ists klar, daß die

Kraft,

Kraft, welche den Hebel angreift, nur 100 ℔ sein darf, um das Gleichgewicht mit dem Balken zu halten. Für einen Menschen ist diese Kraft viel zu viel; allein man lasse die Walze mit noch einem Hebel, von ein paar andern Menschen angreifen, so werden diese hinlänglich, ohngeachtet des starken Reibens, den Balken in die Höhe treiben.

137.

Diese Maschine hat einen beträchtlichen Vorzug, vor der, sonst zu eben dem Zweck brauchbaren Schraube. Bei der Scheldonschen Maschine ist das Verhältniß der Kraft zur Last, wie 9000 : 100 = 90 : 1. Wollte man dieselbe Wirkung mit der Schraube hervorbringen, so müßte man den Schraubengang $\frac{1}{90}$ des Kreises geben, der von der Kraft beschrieben wird. Rechnet man für die Höhe des Schraubenganges 2 Zoll, (weil die Schraube, wegen der auf sie drückenden Last, stark ausgearbeitet sein muß), so kommt für den Umfang des Kreises, welcher die Kraft beschreibt, 180 Zoll, dessen Durchmesser 57 Zoll beträgt. Demnach müßte der Hebel, woran die Kraft zieht, eine Länge von $27\frac{1}{2}$ Zoll, oder 2 Fuß $3\frac{1}{2}$ Zoll haben. Bei einem Halbmesser von dieser Größe, kann der Hebel, des starken Reibens der Maschine wegen, leicht zu schwach werden. Dies wird noch mehr der Fall sein, wenn die Last noch größer ist, als wir hier in unserm Beispiel angenommen haben. Dazu kommt noch, die äußerst einfache Einrichtung dieser Maschine; denn man braucht nichts weiter dazu, als eine ausgearbeitete

arbeitete Stütze, eine glatt abgerundete Walze, ein schräg abgehendes Holz und ein paar eiserne Hebel. Dahingegen ist eine Schraube weit kostbarer. Leztere kann auch nur bei eben nicht hoch liegenden Gegenständen gebraucht werden; wo hingegen die Scheldonsche Maschine, bei jeder Lage benutzt werden kann.

In unserm Hamburg, hat sie der vor einigen Jahren verstorbene geschickte Baumeister, Sonnien, bei der Zurechtstellung eines Thurms, mit vielem Vortheil gebraucht. Scheldon wandte sie vorzüglich zum Schiffbau an, besonders zur Aufrechtstellung der Schiffe.

138.

Zu den zusammengesetzten Maschinen, kann man in gewisser Rücksicht, auch die Schraube ohne Ende rechnen. Dieses Werkzeug besteht aus einer Schraube, die nur mit wenigen Gewinden versehen ist, welche in die Zwischenweite der Zähne eines Stirnrades eingreifen, das so lange geschieht, so lange die Schraube in Bewegung gesetzt wird. Die Schraubenspindel wird durch eine Kürbel herumgedrehet. An der Welle des Stirnrades befindet sich die Last. Die Schraube braucht nur drei Gänge zu haben, und die Weite derselben, muß einerlei sein mit dem Abstande der Zähne am Stirnrade. So viel Zähne das Rad hat, so vielmal muß die Schraubenspindel herum gedrehet werden. Hat das Stirnrad z. B. 25 Zähne, so muß die Kürbel 25 mal herum gedrehet werden,

ehe

ehe daß das Rad, folglich auch die Welle des Rades, einmal herum kommt.

139.

Um das Vermögen dieses Werkzeuges zu bestimmen, so sei A B (Fig. 40.) eine Walze, die in der Mitte C mit etlichen Schraubengängen versehen ist, und durch die Kürbel G in Bewegung gesetzt wird. Die Schraubengänge greifen nach und nach in die Zwischenräume der Zähne des Stirnrades D, an dessen Axe oder Welle die Last P herunter hängt. Nun ist die Wirkung erstlich aus dem Umfange der Schraube zur Höhe desselben, 2) aus der Länge der Kürbel zum Halbmesser der Schraubenspindel, und 3) aus dem Durchmesser des Rades zum Durchmesser der Axe desselben zusammengesetzt. Der Umfang der Schraube zur Höhe des Ganges verhalte sich wie 12 : 1; die Kürbel sei 9 mal länger als die Dicke der Spindel; der Halbmesser des Stirnrades zu dem Halbmesser der Axe sei 4 : 1; so verhält sich die Kraft zur Last = 12. 9. 4 : 1. 1. 1 = 432 : 1. Hängt also an der Axe des Stirnrades eine Last von 432 Lt. herab, so ist eine Kraft von 1 Loth, die an der Kürbel angreift, genug, diese Last zu halten.

140.

Die Schraube ohne Ende wird da gebraucht, wo man eine Umdrehung ohne Schwanken und Stossen hervorbringen will, z. B. bei geometrischen Werkzeugen, bei Fernröhren, Spiegeltelescopen u. s. w.

Sie

Sie ist überdies dem Reiben stark unterworfen, wodurch die Maschine schon für sich im Stillstande erhalten wird, auch wenn die Kraft auf sie zu wirken, nachläßt. Da sie nur einen kleinen Raum einnimmt und von so großer Wirkung ist, so wird sie auch aus dem Grunde, bei Werkzeugen, mit vielem Vortheile benutzt, wozu sich keine andere Vorrichtung so leicht passen würde. Unsere bekannte Fuhrmanns-Winde ist eine Maschine, die ihren Grund in der Schraube ohne Ende hat. Sie heißt eine zwei-, drei-, vier- und fünfspännige Winde nach der Stärke der Ladung des Wagens, auf oder bei welchem sie gebraucht wird. Das Verhältniß der zweispännigen Winde ist folgendes. Wenn die Kurbel 7 Zoll lang ist, und 5 mal umgedrehet wird, so steigt die Stange vier Zoll. Der Umfang des Kreises, welchen die sieben Zoll lange Kurbel macht, ist 44, diese mit 5 multiplicirt, als der Zahl der Umläufe der Kurbel, giebt 220. Wenn also die Hand mit der Kurbel 220 Zoll durchgelaufen hat, so ist die Stange mit der Last vier Zoll gestiegen, daraus folgt, daß die Kraft sich zur Last verhält, wie 4 : 220 = 1 : 55, oder daß 1 ℔ Kraft 55 ℔ Last im Gleichgewicht halten; aber so groß ist nicht die Last der starken Reibung wegen, welche der Arbeiter oder eine Person haben kann.

Bei der dreispännigen verhält sich die Kraft zur Last wie 77 : 1; bei der fünfspännigen wie 100 : 1.

Siehe Schauplatz der gemeinnützigen Maschine von Kunze. I Band. Hamburg, 1796.

Vom

## Vom Reiben.

### 141.

So wohl bei dem einfachen als zusammen gesetzten Maschinen, haben wir bisher die Theile derselben, aus welchen sie zusammen gesetzt sind, so angesehen, als wenn sie gar keine Schwere hätten, und sich der Bewegung auf keine Weise widersetzten. Nach den Sätzen des Gleichgewichts, müßte sich die Maschine sogleich in Bewegung stellen, so bald die Kraft nur um einen kleinen Theil vermehrt würde; allein dieses wird bei keinem der vorhin erklärten Maschineen erfolgen. Man nehme z. B. eine Radwinde an, wo eine Last von 200 Pfund mit 20 Pf. Kraft im Gleichgewicht stehe. Nach der Theorie des Gleichgewichts müßte man die Last bewegen können, wenn man eine etwas größere Kraft als 20 Pfund anwenden würde. Aber man nehme an, es würden statt 20 Pfund, 30 derselben nöthig sein, um die Last von 200 Pf. würklich in Bewegung zu setzen, so rührt dieser Ueberschuß von dem Reiben der Maschine her. Das Reiben ist also die Ursache, warum die Berechnung des Gleichgewichts nicht mit der Bewegung der Maschine übereinkomme.

### 142.

Das Reiben hängt größtentheils von der Schwere des Körpers ab. Um sich davon im allgemeinen zu überzeugen, so stelle man einen Körper auf eine horizontale

zontale Fläche; suche denselben alsdann nach einer horizontalen Richtung in Bewegung zu setzen. Zu dem Ende lasse man den Faden, der an dem zu bewegenden Körper befestiget ist, um eine Rolle gehen, und an das eine Ende des Fadens befestige man eine Schale in welche Gewichte gelegt werden können. Man zähle nun die Gewichte zusammen, indem der Körper auf der Fläche sich zu bewegen anfängt, so wird die Summe derselben das Reiben angeben.

143.

Daß hierbei nur bloß das Reiben in Betracht kömmt, ist daher klar, weil es dem Körper gleich viel ist, wo und an welcher Stelle, er sich auf der Fläche aufhält Denn die Schwere kann hierbei nicht wirken, weil der Körper von der horizontalen Fläche getragen wird. Die Versuche, welche mit Körpern auf diese Art angestellt worden sind, geben das Reiben etwa auf ein Drittel von der Schwere des Körpers an. Außer dem Reiben des Körpers auf der Fläche, muß auch noch das Reiben der Rolle mit in Betracht gezogen werden. Daher erfährt man das Reiben genauer, wenn man den Körper auf eine schiefe Fläche bringt. Der Theorie nach, müßte der Körper sich gleich bewegen, so bald die Fläche nur einen kleinen Winkel mit dem Horizont machte, weil der Schwerpunkt des Körpers alsdann nicht mehr unterstützt ist. Dies wird aber keines weges erfolgen, sondern der Körper fängt aldann erst an auf der Oberfläche der schiefen Ebene herunter zu glitschen, wenn diese einen beträchtlichen

lichen Winkel mit dem Horizont macht. Der größte Winkel unter dem der Körper noch auf der schiefen Fläche liegen bleibt, heißt der Ruhewinkel. Bei diesem Winkel wird der Körper eben so stark zur Bewegung getrieben, als ihn das Reiben zurück hält, und man findet, daß sich das Reiben auf der wagerechten Fläche zum Drucke verhalte, wie die Tangente des Ruhewinkels zum Radius. Ist die Friction oder das Reiben $\frac{1}{3}$ des Drucks, so findet man für die Tangente des Ruhewinkels $= \frac{1{,}0000000}{3} = 0{,}3333333$ $= 18° 26'$. Es hält aber schwer diesen Winkel genau zu bestimmen. Daher ist diese Methode in der Ausübung noch vielen Schwierigkeiten unterworfen.

144.

Bei Körpern von verschiedener Materie ist die Reibung bald stärker, bald geringer. Sind Körper von einerlei Materie, so ist das Reiben weit stärker. Messing auf Messing, reibt sich weit stärker als Messing auf Stahl. Diese beiden letzten Materien reiben sich am wenigsten von allen übrigen. Aus dem Grunde macht man in dem metallenen Räderwerke, z. B. bei den Uhren, die Wellen und Zapfen der Getriebe von gehärtetem Stahl, die Räder und die Zapfenlöcher von geschlagenen Messing. Der berühmte Muschenbroek hat über das Reiben der Metalle, durch seinen Tribometer viele Versuche angestellt, und uns darüber in seinen nachgelassenen Schriften wichtige Resultate geliefert. Dies Werkzeug besteht aus einem 4 Zoll dicken hölzernen

Cylinder, durch welchen eine stählerne gehärtete Axe so geht, daß an beiden Enden platt polirte Zapfen hervorragen. Diese Zapfen können in Pfannen von verschiedenen Materien, von Holz, Kupfer, Messing, Stahl u. s. w. gelegt und darin bewegt werden. Um die hölzerne Walze wird eine Schnur gewunden, an welchen zwei gleich schwere Gewichte gehängt werden, um den Druck gegen die Zapfenlager (die Pfannen) nach Gefallen zu vergrössern. Auf der einen Seite wird eine feinere Schnur mit einer Wagschale, in welche man Gewichte legen kann, angebracht, die, wenn sie herunter sinkt, die Walze umdreht. Der vordere Theil der an der Walze befindlichen stählernen Zapfen war $\frac{1}{4}$ Zoll, der hintere $\frac{1}{2}$ Zoll dick, damit die Versuche sowohl mit dem dickern, als auch mit dem dünnern Zapfen angestellt werden konten. Die ganze Welle mit ihrer Axe war 3 Pfund schwer. S. van Muschenbroeck introductio in Philos. natur, Cap. IX. auch die französische Uebersetzung dieses klassischen Werks von Sigaud de la Fond.

145.

Für unsern Zweck wollen wir hier einige von den Resultaten angeben, die Muschenbroeck durch dieses Werkzeug gefunden hat. Stahl läuft am leichsten auf Messing (144), mit mehr Reibung der Ordnung nach auf Blei, Kupfer, Guajakholz, Stahl und Zinn. Die Friction wächst nicht genau im Verhältniß des Drucks, und jede Art der Körper scheint hierin eignen Gesetzen zu folgen, die sich nicht allgemein machen lassen.

lassen. Wenn die Zapfen eingeölt sind, so ist das Reiben bei Stahl auf Messing $\frac{1}{7}$ ($\frac{1}{8}$ nach Gerstner); bei Stahl auf Kupfer $\frac{1}{5}$; bei Stahl auf Stahl $\frac{1}{4}$ des Drucks. Herr Prof. Gerstner aus Prag, hat hierüber in seiner Abhandlung der königl. böhmischen Gesellschaft der Wissensch. Wien und Prag, 1791. Vergleichung der Kraft und Last beim Räderwerke, mit Rücksicht auf die Reibung, vortrefliche Resultate geliefert. Bei mittelmäßiger Politur gieng die Reibung nie über $\frac{1}{3}$ des Drucks; bei guter Einschmierung des Zapfens betrug sie auch nur $\frac{1}{6}$, $\frac{1}{7}$, $\frac{1}{8}$ des Drucks. Die Kraft muß allemal größer sein, wenn das Rad den Trilling, als wenn dieser jenes in Bewegung setzt, auch ist in beiden Fällen weniger Kraft nöthig, wenn die Dicke der Triebstöcke noch grösser gemacht wird, als die halbe Entfernung des einen von dem andern. Daher ist es vortheilhafter, wenn man dem Rade, an welchem die Kraft arbeitet, die Gestalt eines Trillings giebt, auch wenn man die Triebstöcke dicker, die Zähne hingegen dünner macht.

146.

Muschenbroeck hat auch verschiedene Versuche über das Reiben einzelner Hölzer angestellt, wovon folgendes das Resultat enthält.

Bei Tannenholz auf Tannenholz, nach der Länge der Fiebern getrieben, war das Reiben anfänglich $\frac{1}{4}$ des Gewichts; aber bei zunehmenden Druck ward es nur $\frac{1}{5}$, endlich $\frac{1}{6}$. Tannenholz auf Buchsbaum, gab

anfänglich $\frac{1}{5}$, bei stärkerm Drucke nur $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{8}$. Beim Eichenholze auf Eichenholz, war das Reiben anfänglich nicht so stark, als bei Tannen- auf Tannenholz; bei stärkerm Drucke aber blieb es etwas grösser, ob es gleich auch ein kleinerer Theil des Drucks ward. Wurden die Hölzer so gerieben, daß sich die Richtungen ihrer Fiebern kreuzten, so war die Friction weit stärker, vorzüglich bei Tannen- auf Tannenholz. Bei vermehrter Fläche ward zwar das Reiben stärker, aber gar nicht im Verhältnisse der Fläche selbst.

147.

Für die praktische Mechanik sind folgende Wahrheiten, die wir grösstentheils aus Büschs bürgerl. Mechanik entlehnt haben, äußerst wichtig.

1) Das Reiben richtet sich am meisten nach der Grösse des Drucks, mit welchem die Theile der Maschine gegen einander, oder gegen ihre Unterlage drücken. Daraus folgt, daß das Reiben bei den Maschinen, die der Kraft einen grossen Vortheil geben, immer schwächer an den Theilen sei, die der Kraft am nächsten liegen und von der Kraft am wenigsten gedruckt werden. Je zusammengesetzter demnach eine Maschine ist, desto stärker wird das Reiben sein. Man muß daher immer dahin sehen, die Wirkung einer Kraft durch die einfachste Maschine zu erhalten. Was man durch ein Rad ausrichten kann, thue man nicht durch zwei Räder. Man häufe nicht die Zahl der Rollen, die bei einer zu oft veränderten Richtung des Zuges nöthig wird, und man verändere daher

diese

diese nicht ohne Noth, sondern lasse das Seil, daß man an die Last befestigen muß, in dem gradesten Zuge, der nur möglich ist, auf dieselbe wirken.

148.

2) Das Reiben wird größer, je geschwinder die Bewegung des einen Körpers unter oder über den andern ist. Je geschwinder sich also die Maschine bewegen soll, desto mehr Kraft wird wegen des Reibens erfordert, und muß von der Kraft, welche die Bewegung hervor bringt, abgerechnet werden,

149.

3) Die Kraft vermag um so viel mehr gegen das Reiben, je mehr sie überhaupt zur Bewegung der Maschine durch ihre Entfernung von dem Bewegungspunkt vermag. Es ist eine Hauptregel für die praktische Mechanik, daß man die Axen oder Zapfen der Werkzeuge so dünne als es nur möglich ist, und sie dagegen von der härtesten Materie mache, welche man dazu finden kann. Aus diesem Grunde sind an Fuhrwerken grosse Räder vortheilhafter als kleine, bei einerlei Dicke der Achsen. Denn die Kraft, mit welcher das auf dem Erdboden aufliegende Rad herum geführt wird, vermag mehr bei jenem in Verhältniß des Reibens, als bei diesem, weil sie in einer grössern Entfernung wirkt. Durch die Wagenräder würde auf ebnen und wagrechtem Wege das Reiben am Boden fast ganz vermieden werden; allein es entsteht ein neues Reiben der Wagenaxen an den Naben der Räder,

der, welches man den Versuchen zu Folge, bei einem wohl eingerichteten und gehörig geschmierten Fuhrwerke auf $\frac{1}{7}$ der Last schätzt. Dieses Reiben macht den Widerstand aus, den die Pferde zu überwinden haben. Setzt man die Kraft eines Pferdes, in dem es horizontal zieht, auf 175 Pfund, so findet sich die Last, deren Reiben es überwältigen kann, = 7. 175 = 1225 ℔. Alles dies verändert sich, wenn die Wege nicht mehr eben, oder die Räder nicht groß genug sind. Man darf daher nicht auf ein Pferd mehr als 7 bis 800 Pfund rechnen. Denn geht der Weg bergan, so müssen die Pferde zugleich einen Theil der Last tragen.

150.

4) Das Reiben wird gemindert, wenn ein flüssiger und insonderheit ein fetter Körper zwischen die reibenden Flächen gebracht wird. Die Erfahrung zeigt auch bei diesem Zwischenmittel einen merklichen Unterschied. So wählt man zwischen dem Holze zähere und minder flüssige Arten vom Fette, als Seife und Fett von Thieren; zwischen Metallen aber Oel, und zwar bei dünnen Axen sehr flüssige, bei dickeren, zähere Arten. Leinöl hat einen merklichen Vorzug, weil es nicht leicht zähe und steif wird. Bei Wagenrädern hindert das Schmieren derselben auch, ausser der Verminderung des Reibens, die Entzündung derselben.

151.

5) Wenn Körper sich nicht über die Fläche eines andern Körpers beständig in einer Richtung fortwälzen,

zen, sondern nur hin und wieder wälzen sollen, so vermindert man das Reiben derselben fast gänzlich, wenn man sie in eine Schärfe ausbildet, mit welcher die Axe auf ihrer Unterlage sich hin und wieder wendet.

152.

6) Noch wird das Reiben sehr vermehrt, wenn die Theile der Maschine sich klemmen. Dies findet unter andern bei Stampfmühlen Statt. Auch tritt derselbe Fall bei jedem Räderwerke ein, an welchem die Zähne oder Kämme mit den Triebstöcken nicht gut ausgearbeitet sind. Haben die Zähne die schickliche Gestalt, wie wir oben nach der Epicycloide beschrieben haben, so geht die kleinmöglichste Reibung vor. Daher kommt es, daß Maschinen, die eine Zeitlang gegangen, weit weniger Reibung verursachen, als im Anfange, da die Zähne noch eine unvollkommne Figur hatten. Denn mit der Zeit nehmen sie die wahre Gestalt, die sie gleich haben sollten, an.

153.

7) Wenn eine Kraft gegen ein Gewicht zieht, so vermehrt der Druck dieser Kraft eben so sehr das Reiben als der Druck des Gewichts selbst. Man hänge z. B. ein Gewicht von 50 ℔ an einem Seil über eine Rolle, so gehört eben so viel Kraft dazu, dieses Gewicht zu halten, und die Rolle wird mit 100 ℔ gedruckt. Beträgt das Reiben $\frac{1}{3}$, so müßte die Kraft noch um $33\frac{1}{3}$ Pfund vergrösserr werden. Allein die

Rolle

Rolle sei achtmal so weit als ihr Zapfen dick ist, so darf man nur $\frac{1}{8}$ von $33\frac{1}{3}$, das ist, $4\frac{1}{6}$ ℔ für das Reiben rechnen.

154.

Ueberhaupt nennt man das Produkt aus der Grösse der Friction am Zapfen, multipicirt durch den Halbmesser des Zapfens, das Moment der Friction. Dividirt man dieses durch den Halbmesser des Rades, oder durch den Hebelarm, an welchem die Kraft wirkt, so erhält man die Kraft, die zur Ueberwindung der Friction nöthig ist.

Für das Reiben, welches durch das Eingreifen der Zähne eines Rades in ein anderes verursacht wird, hat man genug, wenn man für jedes Rad und Getriebe, die Kraft, die an dem Rade sonst nöthig wäre, um $\frac{1}{18}$ grösser macht.

155.

Die Seile und die Ketten, die bei verschiedenen Maschinen angewandt werden müssen, erfordern wegen ihrer Steifigkeit einige Kraft, selbige um die Rollen zu bringen. Je dicker das Seil, je kleiner die Rolle im Durchmesser, und je grösser die spannende Kraft ist, desto grösser ist der Widerstand, wegen der Unbiegsamkeit. Folgende Regel möchte diesen Widerstand nahe genug angeben: die Pfundzahl des spannenden Gewichts multiplicire man durch die Zahl, welche die Dicke des Seils in Linien ($\frac{1}{12}$ Zoll) ausdrückt, und dividire das Produkt durch 32 mal die

Zahl,

Zahl, welche den Halbmesser der Rolle in Zahlen ausdrückt, so ist der Quotient die gesuchte Kraft in Pfunden.

Ist ein Seil 8 Linien dick, und wird von 400 ℔ über einer fünf Zoll dicken Walze oder Rolle gespannt, so sind dazu 20 Pfund Kraft nöthig.

156.

So nachtheilig das Reiben in einzelnen Fällen ist, so vortheilhaftig und nützlich ist es auch in vielen andern. Oft kann eine Bewegung in der Mechanik eine nachtheilige Wirkung veranlassen, wie dies vorzüglich beim Hebel und bei der Wage der Fall ist, wo die Theile sich nur äusserst geringe reiben und eben daher der Hebel seine Lage verändert und für dir Kraft keine vortheilhafte Bewegung hervorbringt. Von welchem Nutzen das Reiben bei der Schraube ist, haben wir schon bei der Erklärung dieser Maschine erwähnt.

Auch, das ein paarmalige Umschlagen des Seils um einen Pfahl, ist im Stande die Bewegung eines Schiffes mitten im Segeln aufzuhalten. Selbst der Gang der Thiere ist nur durch das Reiben gesichert. Sehr viele andre nützliche Sachen verfertigen wir vermittelst des Reibens; Wärme und Feuer bringen wir durch dasselbe hervor. Alle electrische Erscheinungen entstehen durch das Reiben und noch viele andere Sachen, deren hier zu erwähnen, uns zu weit von unserm Ziele abführen würden. Wir glauben hier also diesen Abschnitt füglich schliessen zu können, da

wir

wir die vornehmsten Lehren vom Gleichgewicht fester Körper mit den praktischen Bemerkungen, die zu unserm Zweke gehören, in möglichster Kürze abgehandelt haben! Wir wenden uns nun zu dem Gleichgewicht der flüssig-tropfbaren Körper, und werden bei dem Vortrage eben die Ordnung beobachten, der wir bei der Statik folgten, dabei verwickelte Rechnungen und Beweise auf jedem Falle zu vermeiden suchen, falls sie mehr als reine mathematische Kenntnisse voraussetzt; aber die Resultate derselben, in so ferne diese in der praktischen Mechanik von Nutzen sind, jedesmal in möglichster Kürze, unsern Lesern mittheilen.

Dritter

# Dritter Abschnitt.

## Die Hydrostatik, oder die Lehre vom Gleichgewichte der flüssig-tropfbaren Körper.

157.

Die Hydrostatik ist eine Wissenschaft, die vom Gleichgewichte der flüssig-tropfbaren Körper unter sich, und mit festen handelt. Flüssig heißt der Körper, wenn seine Theile einen so schwachen Zusammenhang haben, daß sie sich von einer ganz geringen Kraft zertheilen lassen. Oft sondern sich die Theile des flüssigen Körpers von selbst, durch ihr eigenes Gewicht, von den übrigen, ab. Daher kann man einen Theil der flüssigen Materie bewegen, ohne das Ganze mit zu bewegen.

158.

Man unterscheidet zweierlei Arten von flüssigen Körpern. Eine, wo die Grundtheile derselben, doch noch so stark zusammenhängen, daß sie in Tropfen abgesondert werden können. Daher heissen diese tropfbare Flüssigkeiten, wie beim Wasser, Weingeist Oele, Queckſilber, geschmolzenen Metallen ꝛc. ꝛc. der Fall ist; bei der andern Art von flüssigen Körpern trift dies nicht ein, das heißt: sie lassen sich durch keinen Druck, der von aussen auf sie wirkt, in einen tropfbaren Zustand darstellen; sie lassen sich zwar in einen kleinern Raum zusammendrücken, aber so bald

die

die Kraft, wodurch dieses bewerkstelliget wird, zu wirken aufhört, so dehnen sie sich von selbst wieder aus, und suchen den vorigen Raum, gleich wieder einzunehmen. Diese Eigenschaft heißt die Elasticität oder die Federkraft; und wenn sie von innen nach aussen wirkt, die Expansionskraft. Wir nehmen diese Eigenschaft vorzüglich bei den verschiedenen Luft- oder Gasarten, bei den Dämpfen u. s. w. wahr. Eine grosse Epansionskraft, besitzt die Wärme und der Lichtstof, also auch das Feuer. Daher nennt man Flüssigkeiten dieser Art, auch wohl expansible, elastische, nicht tropfbare Körper. Wir werden diese letztern besonders als ein Gegenstand der Aerometrie betrachten, und davon unten das Nähere darüber beizubringen suchen. In diesem Abschnitte schränken wir uns blos auf die Untersuchung der tropfbar-flüssigen Körper ein, und richten besonders unsere Aufmerksamkeit auf die Untersuchung des Wassers, so wohl in mathematischer, als auch, in so ferne es zu unserm Zwecke nöthig ist, in physischer Hinsicht.

159.

Als ein Erfahrungssatz wissen wir, daß das Wasser, und überhaupt alle tropfbare Flüssigkeiten, die Gestalt der Gefäße annehmen, in die sie eingeschlossen werden. Aus eben dem Grunde ist uns auch bekannt, daß das Wasser, oder jede tropfbare Flüssigkeit, nicht eher in Ruhe kömmt, bis die Oberfläche derselben horizontal oder wagerecht steht, oder daß die

Rich-

Richtung der Schwere mit dieser Ebene überall rechte Winkel macht. A B C D (Fig. 41) sei ein Gefäß von beliebiger Gestalt, mit Wasser angefüllet, und das Wasser stehe in demselben bis an den Durchschnitt der horizontalen Ebene A D. Man nehme nun an, ein Theil des flüssigen Körpers L E I, erhebe sich über die horizontale Ebene, so wird dieser Theil, wegen seines geringen Zusammenhanges, sich losreissen, und, wie auf einer schiefen Ebene, von selbst herunter rollen, und nicht eher in Ruhe kommen, bis es mit dem übrigen Wasser in eine horizontale Fläche, wie A D, zu stehen kömmt.

160.

Man nehme ferner ein Theilchen F des flüssigen Körpers an, so wird dieses, vermöge seiner Schwere, die wir hier nur allein bei einem flüssigen Körper, wie oben das Wasser ist, voraussetzen, herunter sinken; welches aber nicht geschieht. Das Theilchen, welches unter ihm liegt, muß also das zu verhindern suchen, oder ihm mit eben der Kraft entgegen oder aufwärts drucken, als F, auf ihn herunterdrückt. Eben dieses geschieht auch seitwärts. Der Wassertropfen F, wird demnach auch so wohl auf- als unterwärts, und auch zu beiden Seiten, von zweien Kräften, deren Richtung einander entgegen gesetzt sind, in Ruhe erhalten.

161.

Was von einem Tropfen wahr ist, gilt auch von allen übrigen, sie mögen sich im Gefäße befinden, wo

sie

sie wollen. Man sondere daher alles Wasser, das sich in der eingebildeten Röhre IGHK befindet, von dem übrigen Wasser in dem Gefässe durch die Seitenwände I M K und F G H der Röhre ab, so wird das Wasser in dieser Röhre ebenfalls in Ruhe bleiben. Die Seitenwände werden nicht mehr und nicht weniger gedruckt als vorhin die einzelnen Tropfen, wovon sie jetzt die Stelle einnehmen. Sie brauchen also auch keine grössere Gewalt auszuhalten, als grade diese.

Demnach können wir allgemein annehmen, daß das Wasser in zwei Röhren, die mit einander in Verbindung stehen (Communications-Röhre), nicht eher in Ruhe komme, bis es in beiden Schenkeln, die übrigens in Ansehung der Gestalt, sehr von einander verschieden sein können, gleich hoch steht, oder welches einerlei ist, bis das Wasser in beiden Schenkeln der Röhre, in eine horinzontale Ebene tritt.

162.

Das Wasser in der Röhre ABCDEF (Fig. 42) ist in Ruhe, wenn AB und CD in einer horizontalen Ebene lieget. Nun sei EG der Durchschnitt einer wagerechten Ebene, so wird diese von dem Wasser, welches in dem Schenkel CDEG ist, herunter, und von dem Wasser, welches in dem andern Schenkel ABEG der Röhre ABCDEF ist, heraufgedruckt. Die Ebene bleibt aber in Ruhe; also müssen sich die beiden Kräfte, die hier, nach entgegengesetzter Richtung, auf einander wirken, sich aufheben. Die eine Kraft liesse sich angeben, wenn der Schenkel

CDEG

CDEG ein senkrechter Cylinder wäre; alsdann müßte der Druck grade so viel betragen, als das Wasser, welches der Cylinder in sich faßt, wiegen würde.

163.

Man stelle sich vor, der Schenkel C D E G über der Ebene E G, wäre vom Wasser leer, und die Ebene E G selbst wäre in eine feste Ebene übergegangen; so wird diese, wenn man den andern Schenkel A B E G der Röhre mit Wasser anfüllte, nicht eher in Ruhe kommen, bis es in beiden Schenkeln in einer horizontalen Ebene stünde. Wollte man die Ebene E G zurück halten, so müßte man eine solche Kraft anbringen, die grade so viel vermogte, als ein Cylinder Wasser drückte, dessen Grundfläche so groß ist als die Ebene, und so hoch, als die Ebene E G unter der Horizontalfläche des Wassers steht. So wird z. B. die Ebene E G von dem senkrecht stehenden Cylinder E G m l gedruckt, und eben so gewiß ist auch der Druck aufwärts gegen die Ebene von dem Wasser, das sich in dem Schenkes A B E G befindet. Den Druck, mit welcher eine Ebene von einem flüssigen Körper gedruckt wird, richtet sich also allemal nach der senkrechten Höhe des Wassers. Man nehme z. B. an, die Grundfläche eines Cylinders betrage 10 Quadrat Zoll, und die senkrechte Höhe des Wasserstandes sei 12 Zoll, so wird die Grundfläche von einer Wassersäule gedruckt, die 120 Cubiczoll Wasser enthält. Die Gestalt der Röhre kommt hierbei gar nicht in Betracht.

164.

164.

Man verbinde (Fig. 43) mehrere Röhren von verschiedener Größe mit einander, so wird die Menge Wasser, welches in der weit engern Röhre G E enthalten ist, das Gleichgewicht mit dem halten, das sich in der beträchtlich weiten Röhre A B C D befindet, wenn nur die Oberfläche von beiden in einer horizontalen Fläche liegen. Aus den andern Röhren, E, K, I und H, die nicht die Höhe haben, welche die beiden ersten A B C D und G E F haben, wird das Wasser mit einer Gewalt hervorspringen, die von dem senkrechten Drucke abhänget. Eigentlich sollte das Wasser in diesen Röhren eben so hoch springen, als das Wasser in den beiden Gefässen A B C D und E F G steht; allein dies thut es, des Widerstandes der Luft und des Reibens der Wassertheile an der Mündung der Röhren und des Rückfalls des Wassers wegen, nicht.

165.

Indessen beruht hierauf die Anlegung der Springbrunnen, bei denen das Wasser durch sein eignes Gewicht zum Springen getrieben wird. Zur Anlegung eines solchen Springbrunnens ist weiter nichts nöthig, als daß von dem Bassin eine Verbindungsröhre zu der Springröhre geleitet wird; alsdann sollte das Wasser aus der letzten eben so hoch springen als das Bassin liegt, da aber der freie Wasserstrahl nicht mehr von den Seitenwänden einer Röhre eingeschlossen ist, sondern sich zertheilen und zurückfallen muß, so wird der

aufsteigende Wasserstrahl, von dem zurückfallenden Wasser gehindert, wozu dennoch, wie (164) bemerkt worden ist, der Widerstand der Luft, und das Reiben des Wassers an der Oefnung der Springröhre kömmt. Aus diesem Grunde kann der Wasserstral nicht bis zur Höhe des Bassins springen. Mariotte fand schon im 17ten Jahrhundert durch viele Versuche, daß sich, wenn das Wasser durch gleiche Oefnungen springt, das Quadrat der Höhe des Wasserstrals, wie der Unterschied zwischen der Höhe des Bassins und der, des Wasserstrals, verhalte. Bei einer Wasserhöhe von 5 Fuß, betrug dieser Unterschied nur 1 Zoll; bei 10 Fuß wird sie also 4 Zoll, und bei 15 Fuß, 9 Zoll u. s. w. betragen. Hieraus entsteht denn folgende Regel, die Wasserhöhe zu finden, wenn die Höhe des Wasserstrals als bekannt angenommen wird.

Man addire zu der Höhe des Wasserstrals, den 300sten Theil von dem Quadrate dieser Höhe, so giebt die Summe die dazu erforderliche Höhe in Schuhen an. Gesetzt, der Wasserstral soll 100 Fuß hoch springen, so ist die dazu nöthige Wasserhöhe, oder die Höhe des Bassins, $= 100 + \frac{1}{300} \cdot 100^2 = 100 + \frac{10000}{300} = 100 + 33\frac{1}{3}$ Fuß $= 133\frac{1}{3}$ Fuß.

## 166.

Bei dieser Regel ist vorausgesetzt, daß die Oefnung grade dasjenige Maß habe, bei welchem der Stral am höchsten steigt. Ist die Oefnung zu eng, so ist die Reibung stärker, ist sie hingegen zu weit, so

wird die Höhe des Strals durch den Widerstand der Luft und das zurückfallende Wasser vermindert. Es giebt daher für jeden Fall eine gewisse Größe der Oefnung, für welche die Höhe des Strals, ein Größtes wird, und für diese gilt die angegebene und hier mitgetheilte Regel.

In Mariottens Versuchen fand, bei einer Wasserhöhe von 24 Fuß 5 Zoll, die größte Höhe des Wasserstrals von 22 Fuß 10 Zoll statt, wenn der Durchmesser der Oefnung 6 Lin. betrug; bei 4 Lin. Durchmesser war der Stral um $1\frac{1}{2}$ Zoll, und bei 3 Lin. um 8 Zoll niedriger.

167.

In der 43 Figur auf Tab. III. hält das wenige Wasser in der engen Röhre G E, das Gleichgewicht mit dem Wasser in der weiten Röhre A B C D. Dies scheint einem im Anfange widersprechend vorzukommen; und doch hat der Satz seine Richtigkeit. Denn man nehme an, daß beide Röhren cylinderförmig sind, und da sie einerlei Höhe haben, so verhält sich die Menge des Wassers in dem einen Cylinder zu der in dem andern, wie die Quadrate der Durchmesser derselben. Gesetzt also, der Durchmesser der weiten Röhre betrage 8 Zoll, und der der engen 1 Zoll, so ist in der erstern 64mal so viel Wasser als in der leztern enthalten. Wäre das Gewicht des Wassers in der engen Röhre 1 Pfund, so würde dieses das Gleichgewicht von 64 Pfund in der andern Röhre halten. Das eine Pfund Wasser drückt also, mittelst

telst der Verbindungsröhre C E F, auf das 64mal grössere Wasser in der Röhre A B C D. Dieser Druck von einem Pfunde, pflanzt sich vermöge der Röhre C E, nach allen möglichen Richtungen fort, daß also jeder mit der Fläche der Röhre G E, gleich grosser Theil, mit einer Kraft von einem Pfunde, nach allen Richtungen auszuweichen getrieben werde. Diese Bestrebungen werden überall von der Festigkeit der Wände in A B C D aufgehoben, nur nicht an der Grnndfläche des Cylinders. Hier liegen 64 Theile, die mit dem einen Theil in der Röhre gleich groß sind, wovon jeder aber mit einem Pfunde aufwärts zu weichen getrieben wird. Das ganze Bestreben an dieser Grundfläche auszuweichen, ist also 64 Pfund, und hat zum Gleichgewichte eine 64mal so schwere Wassersäule nöthig als G F, das ist, die Wassersäule A B C D.

168.

Zu dem Beweise des im vorigen § erläuterten hydrostatischen Satzes, ist noch hinzuzusetzen, daß, wenn das Wasser in der weiten Röhre um einen Zoll steigen soll, es in der engen Röhre um 64 Zoll fallen muß. Folglich bewegt sich in beiden Röhren gleich viel Wasser, wie die Geometrie leicht beweißt. Dies ist also einerlei mit eben dem Gesetze, das wir in der Statik bei dem Gleichgewichte der festen Körper gefunden haben. Denn bedeutet das eine Pfund Wasser in der engen Röhre die Kraft, und die 64 Pfund

in der weiten Röhre die Last, so verliert man auch hier eben so viel an der Geschwindigkeit, als an der Kraft gewonnen wird. Dieser Satz ist in seiner Anwendung äusserst wichtig; er wird beim Wasserbau beständig gebraucht, wie wir unten noch mehr zeigen werden.

169.

Um den Druck des Wassers auf eine Fläche anzugeben, und das Gegengewicht zu erfahren, das dem Wasser entgegengebracht werden muß, den Druck aufzuhalten, ist es nöthig, daß man das Gewicht von einem Cubikfuß oder Cubikzoll Wasser anzugeben wisse. Zu dem Ende lasse man sich einen hohlen geometrischen Körper, etwa ein Würfel, Parallelepipedum, oder Cylinder, genau ausarbeiten, wiege denselben erst allein, auf einer genauen Wage ab, hernach fülle man ihn mit Wasser an, und wiege ihn zum zweitenmale. Ziehe das erste Gewicht von dem zweiten ab, so giebt der Unterschied der beiden, die Schwere des Wassers in dem bestimmten Raume an. Berechne hierauf den körperlichen Inhalt des zu diesem Versuche genommenen regulären Körpers, so weiß man von diesem Inhalte das Gewicht am Wasser, woraus sich leicht das Gewicht für einen Cubikfus, oder Cubikzoll Wasser finden läßt.

170.

Wenn man dergleichen Versuche anstellen, und ein richtiges Resultat herausbringen will, so muß man

man nicht nur auf die Beschaffenheit des Wassers selbst, sondern auch auf die Temperatur der Luft Rücksicht nehmen. Den Zustand der Luft, in Hinsicht der Wärme und der Kälte, erfährt man mit Hülfe des Thermometers, davon in der vorigen Abtheilung dieses Werk, schon das Nöthige gesagt worden ist. Der berühmte Muschenbroeck war der erste, der auf den letzten Punkt vorzüglich Acht gab. Das reinste und auch das leichtste Wasser, ist das destillirte; nächst diesem das Regenwasser. Schwerer ist schon das Fluß- und Quellwasser, und am schwersten ist das Seewasser. Doch fällt dieses auch verschieden aus. Denn das Meerwasser in den südlichen Gegenden, oder näher nach der Linie zu, ist schwerer als das Wasser in den Polargegenden. So ist das Wasser in der Nordsee schwerer als in der Ostsee; weil das erstere mehr Salz in sich aufgelöst enthält als das leztere, und der Linie näher liegt als die Ostsee.

171.

Wolf giebt den rheinländischen Cubicfus Brunnenwasser auf 64 Pfund 348 Gran Apothekergewicht an, oder auf ohngefähr 64 Pfund dieses Gewichtes, welches etwa im französischen Troygewicht, davon das Pfund 10188 Holl. Asen wiegt, für den Pariser Cubicfus $69\frac{2}{3}$ Pfund beträgt, wofür die französischen Schriftsteller gewöhnlich 70 Pfund Troys annehmen. Verhält sich nun der Pariserfus zu dem Hamburger, wie 127 : 144, so läßt sich das Gewicht von einem Hamburger Cubicfus Wasser, da sich diese, wie die

Cubi

Cubi der angegebenen Zahlen verhalten, leicht berechnen. Mit Hülfe der Logarithmen läßt sich diese Rechnung noch geschwinder machen, wie folgender Satz, das Gewicht des Hamburger Cubicfusses aus der Schwere des Pariſers zu finden, zeigt.

70 ℔ Gewicht in Paris

Log. 1,8450980
$127^3$ = 6,3114111

8,1565091
$144^3$ = 6,4750875

Log. 1,6814216 giebt zur Zahl 48,02 ℔ an.

Dies ist aber Troygewicht, und da das Hamburger Pfund nur 10080 Asen wiegt, so ist dies letztere etwa 1 pCt. schlechter als das Pariſerpfund; mithin wiegt der Hamburger Cubicfus etwa $48\frac{1}{2}$ ℔ Hamburger Gewicht. Indessen geben die Versuche, die der hiesige geschickte Aufseher der Wasserkunst, Hr. Braasch, sowohl mit Elb- als Alsterwasser angestellet hat, das Gewicht von einem Cubicfus Alsterwasser, auf 49 Pfund und etwas darüber an, und dieser Angabe wollen wir uns in der Folge, da, wo wir das Wasser als Gewicht gebrauchen müssen, jedesmal bedienen. Schon habe ich bemerkt, daß man beim genauen Abwägen des Wassers, den jedesmaligen Stand

des

des Thermometers nicht auſſer Acht ſetzen darf. So wie wir aber das Waſſer, blos als ein Gewicht benutzen wollen, haben wir die Temperatur deſſelben nicht mit in Betracht gezogen.

172.

Was wir (167) vom Gleichgewichte zweier Röhren, die von verſchiedenen Durchmeſſern ſind, aber gleiche Höhe haben, bemerkt haben, gilt auch von folgenden hydroſtatiſchen Saz.

Wenn man in einen Cylinder A B D E (Fig. 44) eine dünne Röhre F C ſteckt, und ſowohl den Cylinder als die Röhre mit Waſſer anfüllt, ſo wird der obere Deckel A B des Cylinders A B D E, von dem wenigen Waſſer das in der Röhre F C iſt, mit einer Gewalt gedruckt werden, die ſo groß iſt als eine Waſſerſäule, deren Grundfläche einerlei iſt, mit dem Deckel des Cylinders, und eine Höhe hat, die einerlei iſt mit der Röhre F C. Es iſt im Grunde doch wohl einerlei, ob die Röhre F C aus C, oder aus der Seite B E des Cylinders A B D E hervorgeht; denn in beiden Fällen macht die Röhre F C eine Verbindungsröhre mit dem Cylinder A B D E, und der Deckel A B leidet von dem Waſſer, welches in der kleinen Röhre C F iſt, gleichen Druck. Dieſer Druck richtet ſich nun nach der ſenkrechten Höhe des Waſſerſtandes; alſo iſt derſelbe dem Gewichte eines Waſſercylinders gleich, der eine Grundfläche vom Durchmeſſer A B, und zu Höhe C F, hat.

173.

173.

Man nehme an, der Durchmesser des Cylinders ABDE sei 30 Zoll, und die Höhe der Röhre betrage 40 Zoll, so ist der körperliche Inhalt der Wassersäule ABGH = 28286 Cubiczoll, deren Gewicht mit 802 Pfund übereinkömmt. Der Durchmesser der Röhre FC, betrage 2 Zoll, so ist von dieser, wenn man die vorige Höhe beibehält, der cubische Inhalt 126 Cubiczoll; also steht 126 Cubiczoll mit 28286 Cubiczoll im Gleichgewicht, oder welches einerlei ist $3\frac{57}{100}$ ℔ Wasser in der Röhre FC, halten 802 ℔ das Gleichgewicht. Und dieses Gewicht müßte auf den Deckel AB des Cylinders gelegt werden, wenn die Röhre FC bis oben hinaus mit Wasser angefüllet wäre. Würden sich demnach 5 Personen, davon jede 150 Pfund wiegt, auf den Deckel AB hinstellen, so würden sich diese ganz bequem von $3\frac{57}{100}$ ℔ Wasser in die Höhe heben lassen.

Hieraus sieht man, was der Druck des Wassers vermag, das vor einem Damm, oder einer Schleuse steht, wenn es durch irgend eine Oefnung in das innere des Damms, oder auf das Grundwerk einer Schleuse, mit dem äussern Wasser in Verbindung treten kann. Ist das Grundwerk von solchen Gebäuden, die am Wasser liegen, diesem Drucke nicht gemäß gebauet, so muß dieses in kurzer Zeit vom Drucke des Wassers zerstöhrt werden. Die Brunnen-Röhren, welche in der Erde fortgeleitet werden, um das Wasser von einem höhern Orte nach einem niedern

hin-

hinzubringen, leiden einen ähnlichen Druck. Haben sie also irgendwo eine Oefnung, so springt das Wasser mit einer Gewalt hervor, die der Höhe des Wasserstandes proportional ist. Darauf hat man also vorzüglich bei allen Wasserleitungen zu achten.

## Vom Seitendrucke des Wassers.

174.

Die tropfbaren Flüßigkeiten drucken nicht blos unterwärts, sondern auch seitwärts, wie wir schon gleich zu Anfange dieses Abschnitts bemerkt haben; und eben dadurch unterscheiden sie sich von dem Drucke der festen Körper. Man belege einen hölzernen, steinernen oder metallnen Körper mit einem Mantel vom Papier, so kann man diesen ruhig abnehmen, ohne daß der feste Körper seine Gestalt verändert, oder gar auseinander fällt. Eben dieses probire man aber mit kleinen Körnern, Sand u. s. w. so wird man diesen Seitendruck bald gewahr werden, indem der Mantel, oder die äussere Bekleidung weggenommen wird. Noch weit stärker geschieht dies aber beim Wasser.

175.

Um den Druck gegen die Seite eines Körpers anzugeben, so sei A B C D (Fig. 45), der Durchschnitt eines solchen mit Wasser angefüllten Körpers, und B D der Durchschnitt der Seite desselben. In dieser Seite befinden sich die sehr kleinen Oefnungen

D, F und E, die übereinander liegen, und also von verschiedener Tiefe unter der Oberfläche A B liegen. Aus diesen Oefnungen wird das Wasser mit einer gewissen Gewalt herauszubrechen suchen. Die Frage entsteht hier, was für eine Kraft nöthig sei, um das Wasser an diesem Durchdringen zu verhindern.

176.

Man nehme an, K E sei ein Cylinder, dessen Axe mit dem Durchschnitte der Horizontalfläche A B, einen spitzen Winkel B K E macht, übrigens aber auf der Grundfläche des Cylinders, der einerlei Größe mit der Oefnung E hat, senkrecht steht. Die Menge des Wassers in dem Cylinder ist gleich der Grundfläche multiplicirt mit der Länge der Axe desselben, und dem Gewichte eines Cubicfusses Wasser. Das Wasser in dem gegen die Horizentalfläche schiefliegenden Cylinder K E, bewegt sich aber längs der schiefen Ebene, deren Höhe B E ist. Die Gewalt, mit welcher demnach das Wasser gegen E andringt, wird (2 Absch. Mechanik) von einer Kraft im Gleichgewicht gehalten, die sich wie B E zu K E verhält. Oder der Druck, den K E gegen E äussert, wird von einer Wassersäule, die E zur Grundfläche, und B E zur Höhe hat, völlig aufgehoben. Eben so leidet die Oefnung F einen Druck, der einer Wassersäule gleich ist, deren Höhe B F ist, und eine Grundfläche hat, die einerlei ist mit der Oefnung B in der Seitenwand des Gefäßes A B C D. Eben dies gilt auch für die

Oefnung

Oefnung D. Wir können also den Schluß ziehen, daß jedes Wassertheilchen, welches seitwärts herausfliessen will, eine Kraft dazu anwendet, die von der senkrechten Höhe des Theilchen unter der Horizontalfläche des Wassers im Gefäße abhänget.

177.

Die Röhre E G, welche man von aussen an die kleine Oefnung E anbringt, und sich in der Horizontalfläche des Wassers in dem Gefäße, endigt, mit Wasser angefüllt, wird ebenfalls das Gleichgewicht mit dem Wasser im Cylinder K E halten, weil deren Druck sich nach der Höhe B E richtet; auch wird alles noch eben so als vorhin bleiben, wenn man an E, eine horizentale Röhre E L anbringt, deren Länge einerlei ist mit der Höhe B E, und deren Weite mit der Oefnung der Fläche F, durchgehends übereinkömmt. Diese drei Röhren, sind alle communicirende, und üben gleichen Druck gegen die Fläche E aus.

178.

Was hier von der Oefnung E gezeigt worden ist, eben das muß auch für die Oefnung F und D passen. Die horizontale Röhre M F vermag eben so viel als die Röhre F H und die Röhre C D, deren Länge einerlei ist mit der Höhe D B, übt eben den Druck gegen die kleine Oefnung D aus, als die Röhre D I. Sehr viele Oefnungen, D, E und F, nehmen die Seitenfläche des Gefäßes ein, und eben so viele

Röhre,

Röhre, wie EL, MF, CD, kann man für jede Oefnung der Seite annehmen, und alle diese zusammengenommen, werden den ganzen Druck gegen den Durchschnitt der Seitenfläche BD angeben. Dieser Seitendruck ist gleich dem physischen Dreiecke BCD, dessen Grundlinie CD mit der Höhe desselben von gleicher Größe ist, zur Dicke aber die Größe der Oefnung E, F und D hat. So oft die Oefnung E, oder F, oder D, die wir hier alle gleich groß angenommen haben, in der ganzen Seitenfläche des Körpers enthalten sind, so vielmal ist auch das physische Dreieck (so nennen wir ein Dreieck, welches eine kleine Dicke hat) BCD, in der ganzen Seitenfläche des Körpers enthalten. Dies giebt demnach eine Prisma, dessen Grundfläche das Dreieck BDE ausmacht, zur Länge aber die Länge der Seitenfläche hat; und der körperliche Inhalt (Geometrie § 143.) dieses Prisma, multiplicirt mit dem Gewichte von einem Cubicfuß Wasser, giebt den Seitendruck des Wassers, gegen die Fläche des Körpers an. Dieser Druck ist, bei unserm Gefäße halb so groß als der Druck des flüßigen Körpers gegen die Grundfläche des Gefäßes.

Alle vier Seitenwände des Körpers ABCD, leiden daher einen Druck, der noch einmal so viel beträgt, als der Druck gegen die Grundfläche.

179.

Will man demnach den Seitendruck des Wassers gegen einen senkrecht stehenden Damm, oder gegen

eine

eine Schleuse oder Wehre bestimmen, so messe man die Höhe des Wasserstandes vor dem Damm oder der Schleuse, alsdann auch die Länge des Dammes oder der Schleuse, so ist der Druck des Wassers, gegen die Seite, einem dreiseitigen Prisma gleich, dessen Höhe und Breite des Wasserstandes gleich ist, und zur Länge, die Länge des Damms, oder der Schleuse hat. Den cubischen Inhalt dieser Prisma multiplicire man mit dem Gewichte von einem Cubicfusse Wasser, so giebt das Produkt den Seitendruck des Körpers in Pfunden an.

Man nehme an, ein Damm sei 400 Fuß lang, und das Wasser stehe vor demselben 10 Fuß hoch, so ist der körperliche Inhalt des dreiseitigen Prisma

$$= \frac{10.\ 10.}{2} 400 \text{ F.} = 20{,}000 \text{ Cubicfuß.}$$

Multiplicirt man diesen gefundenen Inhalt mit 49, als dem Gewichte von einem Cubicfuße Wasser, so erhält man für den Druck gegen den Damm 980,000 Pfund.

Diese Regel gilt nicht blos von dem Seitendrucke, den ein senkrechter Damm leidet, sondern von jedem andern, er mag für einen Winkel mit dem Horizonte machen, welchen er will; weil sich der Druck des Wassers beständig nach der senkrechten Höhe richtet. Also dient diese Regel für jede Art von Uferbefestigungen, und findet daher eine beständige Anwendung in der Wasserbaukunst oder Hydrotechnik.

180.

Aus der Regel, die wir in den vorigen § §. von der Berechnung des Seitendrucks gegeben haben, folget auch, daß der Druck des Wassers gegen einen Damm, sich wie die Quadrate der Höhen verhalten müße. Denn die Dreiecke B D C und B F M in der vorigen Figur, sind sich einander ähnlich. Folglich ist $\triangle BFM : \triangle BDC = BF^2 : BD^2$.

Steht das Wasser z. B. einmal 10 Fuß, das anderemal nur 5 Fuß hoch vor einem Damm oder Schleuse, so verhält sich der Druck nicht wie 10 : 5, oder wie 2 : 1, sondern wie 100 : 25 = 4 : 1. Im ersten Fall leidet der Damm also einen viermal so großen Druck, als im letztern.

An den Orten, wo Fluth und Ebbe eintrift, wie bei uns, da machen die großen Fluthhöhen, die gewöhnlich im Frühling und Herbst eintreten, einen großen Unterschied, in Hinsicht des Drucks, gegen Vorsetzen und Gebäude, die am Wasser liegen.

Die größte Wasserhöhe, welche aber selten eintrift, steigt an unserm Fluthmesser bis auf 21 Fuß; die gewöhnliche geht bis auf 6 Fuß. Der Druck des Wassers ist bei dem ersten Stande der Fluth $12\frac{1}{4}$mal größer als bei dem letztern. Darnach muß sich auch der Wiederstand der Bekleidung, der Futtermauren u. s. w. von unsern Kanälen verhalten.

181.

Bei Deichen und Dämmen ist oft der Fall, daß selbige am Fuße desselben, mit einer Schleuse oder einem

einem sogenannten Zyle versehen sind, welches freilich nicht den ganzen Seitendruck, des vor dem Damm stehenden Wassers, auszuhalten nöthig hat, aber doch von einem gewissen Drucke leidet, der von der Höhe der Schleuse abhängt; und nach diesem Drucke muß sich die Stärke der Schleuse richten, weil sonst das Wasser, mittelst derselben, durch den Damm durchbrechen würde.

Man nehme an, die Breite einer solchen Schleuse, die sich am Fuße des Damms befindet, sei 12 Fuß, und die Breite derselben betrage 8 Fuß, das Wasser aber steige vor den Damm bis zu einer Höhe von 20 Fuß; so ist der Druck des Wassers gegen den Damm

$$\text{und die Schleuse} = \frac{20.\ 20.}{2}\ 12 = 2400 \text{ Cubicfuß} = 117{,}600 \text{ ℔.}$$

Da die Schleuse 8 Fuß hoch liegt, und das Wasser vor dem Damm auf 20 Fuß hoch steht, so bleibt noch 12 Fuß Höhe für das Wasser übrig, welches über der Schleuse steht. Der Seitendruck, für dieses Wasser, gegen eine 12 Fuß

$$\text{breite Fläche, beträgt} = \frac{12.\ 12.}{2}\ 12 = 864 \text{ Cubicfuß} = 42336 \text{ ℔.}$$

Zieht man dieses Gewicht von dem zuerst gefundenen Gewichte des ganzen Seitendruckes ab, so bleibt für den Druck, gegen die Schleuse, 75264 ℔ übrig, und darnach muß sich die Festigkeit der Schleuse richten. Auf eine ähnliche

Art

Art muß man auch den Druck berechnen, welche die Seitenwände einer Kastenschleuse leiden. Stünde aber kein Wasser über der Schleuse, so wäre der

$$\text{Druck des Wassers gegen dieselbe} = \frac{8 \cdot 8}{2} \cdot 12$$

$= 384$ Cubicfuß $= 18816$ ℔.

182.

Leztere Berechnung muß man auch anstellen, wenn man die Kraft bestimmen will, die erforderlich ist, ein Schutzbrett, das vor den Mühlenrädern liegt, in die Höhe zu ziehen. Ein solches Brett sei z. B. 4 Fuß breit, und habe 5 Fuß Wasser vor sich, so ist der Druck des Wassers gegen dasselbe $= \frac{5 \cdot 5}{2} \cdot 4 = 50$ Cubicfuß $= 2450$ ℔. Allein ausser diesem Wasserdruck entsteht noch ein zweites Hinderniß, das Reiben desselben zwischen den Falzen beim Herausziehen des Bretts, wofür $\frac{1}{3}$ des Gewichts zu rechnen ist. Dies beträgt 816 ℔, und hierzu muß noch das Gewicht des Bretts selbst addirt werden. Die Summe dieser drei Stücke, giebt die erforderliche Kraft. Steht aber über dem Brette noch Wasser, so muß die Rechnung eben so, als vorhin bei der Schleuse, angestellt werden.

183.

Der Seitendruck des Wassers kommt auch noch bei den sogenannten Steigeröhren in den Wasserkünsten

sten vor, und beträgt sehr viel, wenn das Wasser auf eine beträchtliche Höhe gebracht werden soll. Um diesen Druck, welche die Seitenwände der Röhre leidet, zu berechnen, muß man die Höhe derselben quadriren, diese mit dem innern Umfange der Röhre multipliciren, alsdann dieses Produkt halbiren, und mit dem Gewichte von einem Cubicfusse multipliciren. Es sei z. B. die Steigeröhre 50 Fuß hoch, und der innere Umfang derselben 10 Zoll, so ist der Seitendruck $= \frac{50.\ 50.}{2} \frac{5}{6}$ Fuß $= 1041\frac{2}{3}$ C. F., multipl. mit 49 $=$ 51042 ℔.

Vergleicht man diesen Druck mit dem, den die Grundfläche leidet, so wird dieser sehr geringe ausfallen. Denn zu dem obigen Umfange von 10 Zoll gehört ein Durchmesser von 3, 18 Zoll; folglich ist die Grundfläche $=$ 7, 95 Quadratzoll und der kubische Inhalt dieser Säule $=$ 2, 76 Cub. Fuß. Dies giebt einen Druck von $135\frac{1}{4}$ ℔ für die Grundfläche. Der Seitendruck beträgt also 378 mal mehr als der Druck auf der Grundfläche und hieraus sieht man, wie dick diese Röhren ausgearbeitet werden müssen, um einen so ungeheuren Druck auszuhalten.

184.

Bei Gebäuden, die am Wasser liegen, oder über Wasser gebauet werden sollen, davon haben wir schon oben etwas erwähnet, wie groß der Druck des Wasser von unten gegen das Grundwerk sein müsse. Noch ein

Beispiel dieser Art wird hoffentlich hier nicht am unrechten Orte stehen. Gesetzt das Wasser stehe vor dem Gebäude auf 10 Fuß hoch, und durch irgend eine Oefnung dringe das Wasser unter das Grundwerk, so wird dieses von einer Wassersäule gedruckt, deren Höhe 20 Fuß beträgt, zur Grundfläche aber die Fläche des Grundwerks hat. Die Grundfläche des Grundwerks halte 10,000 Quadratfuß, so hält die Wassersäule 10,000. 10 = 100,000 Cubicfuß, und der Druck beträgt 4900000 ℔. Wäre der Gegendruck des Gebäudes nicht so stark, so würde es von dem unten, auf ihn eindringenden Wasser, gehoben werden,

## Vom Gleichgewichte flüssiger Körper mit Festen, die sich in ihnen befinden.

### 185.

Versuch. Man wiege einen Körper, von dem man weiß, daß er schwerer ist als Wasser, auf einer genauen Wage in freier Luft. Wiege aber diesen Körper auch in Wasser, so wird man sehen, daß er jetzt weniger wiegt, als er vorhin in der freien Luft gewogen hat.

Zu diesem Versuche kann man sich allenfalls einer Wage bedienen, wovon die eine Schale in der Mitte eine kleine runde Oefnung hat, durch welche ein sehr dünner Faden geht, etwa ein Pferdehaar, an dessen einem Ende befestige man den Körper, den man im Wasser abwiegen will. In die andere Schale

der

der Wage lege man das Gewicht, das zum Gleichgewicht des Körpers in freier Luft erforderlich ist. Hierauf bringe man den im Wasser abzuwiegenden Körper in ein, unter der Schale befindliches Gefäß mit Wasser, und zwar so, daß der Körper um und um mit Wasser umgeben ist. So bald dieses geschehen, so wird das Gleichgewicht aufhören, und die andere Schale mit dem Gewichte wird sinken. Um nun das Gleichgewicht wieder herzustellen, so lege man auf die Schale, an welcher der Körper hängt, so viel Gewicht auf, als zu dem Zwecke nöthig ist, das Gleichgewicht im Wasser wieder herzustellen. Dieses hinzugelegte Gewicht, wird grade das Gewicht des Wassers angeben, dessen Grösse einerlei ist, mit der Grösse des Körpers, den man im Wasser abgewogen hat.

186.

Um dieses noch besser zu verstehen, was wir durch den vorigen Versuch haben erläutern wollen, so nehme man an, daß, statt der Stelle des Körpers, eine Menge Wasser, von eben dem Umfange oder Grösse, sich im Wasser befände, so wird dieser wässerne Körper, von dem, ihn umgebenden Wasser, gehalten werden, weil der Druck, wie wir vorhin gezeigt haben, von allen Seiten gleich stark ist. Jeder andere Körper, der eben dieselbe Stelle einnimmt, wird von dem, ihn umgebenden Wasser, eben den Druck leiden, den das Wasser vorher litt, dessen Stelle er nun eingenommen hat. So viel also dieses Wasser wiegt,

eben so viel muß der Körper im Wasser weniger wiegen.

187.

Würde man einen Körper nehmen, dessen Gewicht einerlei ist mit dem Gewichte einer Masse Wasser von eben dem Umfange oder Grösse als der Körper, so würde er in Wasser schwebend erhalten werden, das heißt, er würde weder sinken noch steigen. So fühlen wir, wenn wir einen Eimer voll Wasser aus einem Brunnen ziehen, fast gar keine Schwere, so lange der Eimer unter Wasser ist; aber wir haben das ganze Gewicht des Wassers zu ziehen, mit dem Gewicht des Eimers, so bald der Eimer aus dem Wasser ist. Jeder Körper, der sich im Wasser befindet, verliert so viel von seinem Gewichte als das Wasser wiegt, dessen Raum er einnimmt. Wiegt ein Mensch in freier Luft 150 ℔, und ist er nur um den 10ten Theil schwerer als Wasser, so wiegt er im Wasser nur 15 ℔; und um ihn im Wasser zu regieren, braucht man nur eine Kraft von 15 Pfunden anzuwenden. Macht man diesen Versuch in einem Gefässe, aus welchem das Wasser nicht herausfliessen kann, so wird das Wasser, das der Körper aus der Stelle treibt, an den Seiten des Gefässes in die Höhe steigen, und eben dadurch wird der Boden desselben, grade um so viel mehr gedruckt werden, als das Wasser beträgt, welches der Körper aus der Stelle getrieben hat.

188.

188.

Auf diesen hydrostatischen Versuch gründet sich das Verfahren, die eigenthümliche Schwere der verschiedenen Körper zu finden.

Man nehme z. B. an, ein Stück Blei wiege in freier Luft 11 Loth, im Wasser aber nur 10 Loth; so wiegt das Wasser, welches einerlei Umfang oder Größe mit dem Blei hat, 1 Loth: und da wir schon aus dem vorhergehenden wissen, daß zwei Körper, die einerlei Räume einnehmen, sich in ihren Dichtigkeiten zu einander verhalten, wie die Summe der Massen, oder wie ihre Gewichte, so muß auch dadurch die Schwere des Bleies gegen das Wasser bestimmt werden. In unserm Beispiele wiegen die beiden gleich grossen Räume 11 und 1 Loth, mithin muß der erste Körper, nemlich das Blei, 11 mal mehr Masse haben als das Wasser. Oder die eigenthümliche Schwere des Wassers verhält sich zu der des Bleies, wie 11 : 1.

189.

Bei der Angabe der eigenthümlichen Schwere der Körper, muß man einen andern Körper, womit man die übrigen vergleichen will, zum Grunde legen; und dazu bedient man sich durchgehends des Wassers, und zwar des destillirten, oder auch des Regenwassers. Die eigenthümliche Schwere desselben setzt man = 1. Ist die eigenthümliche Schwere grösser als 1, so enthält

hält der Körper unter eben dem Raum als das Wasser, mehr Wasser oder ist schwerer; ist sie aber kleiner als 1, so ist der Körper nicht so schwer als eine Menge Wasser von eben dem Umfange. Bei solchen Versuchen muß man aber auch beständig, auf die Beschaffenheit der Luft, Rücksicht nehmen, weil sonst die Angaben verschieden ausfallen. Denn das Wasser ist dichter oder wiegt mehr bei einer kältern Temperatur als bei einer wärmern. Einen noch grössern Einfluß äussert die Wärme und Kälte der Luft, auf spirituösen und salzigen Körpern in Hinsicht ihrer verschiedenen Schwere. Die geistig-flüssigen Körper verlieren durch die Ausdünstung etwas merkliches von ihrer Güte und Stärke, die eigentliche Schwere ergiebt sich aus dem Quotienten, der entsteht, indem das Gewicht des Körpers in der freien Luft, durch das Gewicht, das dieser Körper in Wasser verliert, getheilt wird.

190.

Ist der Körper leichter als das Wasser, so bringe man denselben an einen andern Körper an, der schwerer ist als Wasser, und dessen eigenthümliche Schwere bekannt ist. Wiege hierauf beide Körper in Verbindung, erstlich in freier Luft, alsdann im Wasser, so ergiebt sich das ganze Gewicht, und auch das Gewicht, das im Wasser verlohren geht. Zieht man hiervon das Gewicht und Gewichtsverlust des schweren Körpers im Wasser ab, so bleibt das Gewicht des Wassers, welches einerlei Raum mit dem leichten Körper einnimmt,

nimmt, nach, das offenbar grösser sein muß, als das Gewicht des leichten Körpers in freier Luft. Daher ist der Quotient, wenn beide mit einander getheilt werden, einem Bruche gleich, der die eigenthümliche Schwere des Körpers, gegen Wasser, andeutet.

191.

Die eigenthümliche Schwere von verschiedenen flüssigen Körpern anzugeben, braucht man nnr einen andern Körper zu nehmen, von dem man weiß, daß er schwerer ist als Wasser, und diesen in verschiedenen flüssigen Körpern abzuwiegen. Die Gewichtsverluste, geben das Verhältniß der eigenthümlichen Schweren der Körper. So verliert z. B, ein Klumpen Glas in Wasser 722 Gran; in Milch 744 Gran; in Terpentinöl 628 Gran; also verhalten sich die eigenthümlichen dieser Materien, wie 722 : 744 : 628; oder beinahe wie 10,000 : 10304 : 8698.

Anmerk. Die hydrostatischen Wagen, welche man aus England kommen läßt, sind mit einem Glasknopfe, von der Gestalt einer Birn, gewöhnlich versehen. Das Gewicht in der freien Luft ist an englischen Grains bekannt, und so braucht man nur die Gewichte, welche der Glasknopf in den verschiedenen Flüssigkeiten wiegt, von dem erstern abzuziehen, so geben die Unterschiede, die eigenthümlichen Schwere der Flüssigkeiten an.

192.

Ein Körper der leichter als Wasser ist, wird nur so tief ins Wasser sinken, bis der Raum, den derselbe im Wasser einnimmt, mit Wasser angefült, eben so viel wiegt, als das ganze Gewicht des Körpers beträgt. Hieraus läßt sich also die eigenthümliche Schwere eines Körpers, der leichter als Wasser ist, auf eine noch leichtere Art herleiten, als nach der, die wir oben (186) erklärt haben. Denn, da das Wasser, das der Körper aus der Stelle treibt, eben so viel wiegt als der ganze Körper, so wird sich die eigenthümliche Schwere des Körpers zu der des Wassers verhalten, wie die Länge des eingetauchten Theils des Körpers zu der ganzen Länge oder Grösse desselben. Man stelle sich vor, die Länge des Körpers wäre in 100 gleiche Theile eingetheilt, und der Körper sinke bis auf 65 Theile ins Wasser, so verhält sich die eigenthümliche Schwere des Körpers zu der des Wassers, wie $100 : 65 = \frac{65}{100}$. Multiplicirt man den Theil des Raums, den der Körper im Wasser einnimmt, mit einem Cubicfus oder Cubiczoll Wasser, so erhält man das Gewicht des ganzen Körpers.

193.

Dieses Satzes bedient man sich, das Gewicht eines Schiffes zu finden, wenn man durch Versuche weiß, wie tief das Schiff ins Wasser einsinkt. Diesen Raum muß man aus dem Risse des Schiffs zu berechnen wissen. Gesetzt, dieser betrage bei einem

ledigen

ledigen Schiffe 1000 Cubicfuß; und ist das Gewicht eines Cubicfusses 49 ℔, so wiegt das Schiff = 49. 1000 Pf. = 49000 ℔. Wäre es Seewasser, und der Pariser Cubicfuß Seewasser wiege 72 ℔, so hätte das Schiff ein Gewicht von 72000 ℔. Weiß man ferner, wie tief ein Schif, ohne Gefahr zu sinken, noch gehen kann, so läßt sich aus dem körperlichen Inhalte dieses Raums, die Ladung des Schiffs bestimmen. Gesetzt, dieser Raum betrage 2000 Cubicfuß, so ist das Gewicht der Ladung an Seewasser 144000 Pfund.

Die Ladung der Schiffe wird entweder nach Lasten, von 4000 Pfund, oder auch nach Tonnen, deren zwei auf eine Last gehen, von 2000 Pfund, angegeben. Ein Schiff also, von 144000 Pfund, hält 36 Last, oder 72 Tonnen.

Die Berechnung des körperlichen Inhalts eines Schiffes, muß man aus Büchern kennen lernen, worinn eigentlich die Schiffsbaukunst abgehandelt wird. Dahin gehöret vorzüglich folgendes Werk:

Anfangsgründe der Schiffsbaukunst des Herrn Dü Hammel de Monceau, aus dem Französischen übersetzt von C. G. Müller, Berlin 1791. in 4.

Auch über die Mechanik oder die Bewegung des Schiffes, besitzen wir ein kleines Werk unter folgenden Titel:

Praktisch-theoretisches Handbuch zur Erlernung des Maneuvre und der Construktion

der

der Seeschiffe von D. Braubach, öffentlichen Lehrer der Seefahrtkunde in Bremen. Mit 15 Kupfern. Bremen 1800 in 8.

Eben dieser Verfasser hat verschiedenes über den Inhalt der Schiffe und was damit in Verbindung steht, in dem Journal für Handlung, Manufakturen und Fabriken, in verschiedenen Stücken geliefert.

Bei Schiffen ist noch zu merken, daß selbige in süssen Wasser, z. B, in Flüssen, tiefer einsinken als in Seewasser, weil jenes leichter ist als dieses. Daher müssen oft Schiffe, die in der See recht gut und bis auf die gehörige Tiefe gehen, von einem Theil ihrer Ladung befreiet werden, wenn sie aus der See auf einen Fluß kommen. Umgekehrt ist dies auch oft der Fall bei einem Flußschiff, wenn es zu einem Seeschiffe umgeschaffen werden soll.

194.

Was wir hier von Schiffen gesagt haben, alles dieses läßt sich eben so gut auf jeden andern ausgehöhlten Körper anwenden. Also jeder Körper, der aus einer schwerern Masse als Wasser besteht, kann durch Aushöhlung dahin gebracht werden, daß er in Wasser schwimme; vorausgesetzt, daß das Wasser, welches die Höhlung des Körpers einnimmt, mehr wiegt, als der Körper selbst. Man nehme z. B. an, eine metallene Kugel von 98 Pfund schwer soll in Wasser schwimmen, so ist die Frage, wie groß der Durch-

messer der Kugel oder die Grösse der innern Höhlung sein müsse.

Wiegt der Hamburger Cubicfuß, wie wir oben angegeben haben, 49 Pfund, so fassen 98 Pf. genau 2 Cubicfuß in sich; und dieser körperliche Inhalt muß die Kugel haben, falls sie nicht im Wasser untersinken soll. Zu der Zahl finde man nach (Geometr. 191 Zus.) den Durchmesser. Am bequemsten macht man die Rechnung vermittelst der Logarithmen.

| | | |
|---|---|---|
| | | 2 Cub. Fuß |
| | Log. | 0, 3010300 |
| 300 = | | 2. 6020600 |
| | | 2. 9030900 |
| 157 | | 2. 1958996 |
| | Log. | 0, 7071904 |

Diesen gefundenen Logarithmus theile man mit 3, der Cubicwurzel wegen, so erhält man den Durchmesser der Kugel. Nun ist von ihm der dritte Theil = 0,2357301 und zu diesem gehört die Zahl = 1,721 Fuß.

Eine Kugel von diesem Durchmesser, wird von dem Wasser getragen, oder sinkt nicht unter, obgleich sie aus Metall besteht, das viel schwerer als Wasser ist.

195.

Giebt man derselben einen grössern Durchmesser, so wird dadurch ihr Inhalt nach dem Cubus des Durchmessers vergrössert. wie wir dies alles in der Geometrie bewiesen haben (Geom. 190); mithin wird sie noch, ausser ihrem eigenen Gewichte, eine, in die Höhlung hineingesenkte Last, tragen können, ohne unter zu sinken. Bei einem solchen Körper ist aber auch nöthig, auf die Dicke der Schale Rücksicht zu nehmen. Zu dem Ende muß man 1) die eigenthümliche Schwere des Metalls, aus welchem die Kugel verfertiget werden soll, wissen. Wäre dieses z. B. Eisen, so wollen wir das Gewicht desselben für einen Hamburger Cubicfuß = 399 ℔ setzen. 2) Theile das Gewicht der Schale, nemlich 98 ℔ durch 390 ℔, oder durch das Gewicht eines Cubicfusses des gegebenen Metalls. Diesen Quotienten (0,251 C. F.) nehme man 3) von dem vorher gefundenen Inhalt der innern Höhlung, nemlich von 2 Cub. Fuß (2 — 0,251. = 1,749 C. F.) und multiplicire 4) die Differenz mit 6

3, 14

(Geom. 190) dieses Produkt 3,342 giebt 5) den Cubus der innnern Höhlung. Aus diesem ziehe man 6) die Cubicwurzel, welche beinahe 1, 5 Fuß beträgt. Diese gefundene Zahl, nehme man 7) von dem vorher gefundenen Durchmesser (1,721 Fuß), so erhält man den Unterschied derselben (0,221 Fuß); Der halbe Unterschied = 0,110, giebt endlich 8) die Dicke der Schale.

Auch diese letztere Rechnung läßt sich eben so wie die erstere, durch die Logarithmen, abkürzen.

Nimmt man statt des Wassers, Luft, so läßt sich die Rechnung mit diesem Körper eben so anstellen als mit dem Wasser; und hierauf gründet sich die Berechnung der Luftbälle, davon in der Aerometrie noch das Nöthige beigebracht werden soll.

Die Einrichtung der Pontons, über welche Balken und Bretter gelegt werden, und alsdann statt der Schiffsbrücken dienen, gründet sich auf obige Rechnung.

196.

Auch durch Verbindung mit leichtern Körpern, können schwerere zum Schwimmen gebracht werden, wenn beide zusammen mehr Wasser aus der Stelle treiben, als mit der Summe ihrer Gewichte übereinkömmt. So wird ein Mensch, der 161 Pfund wiegt, und mit dem Wasser gleiche eigenthümliche Schwere hat, für sich ganz allein einsinken; wenn er sich aber mit 8 Pfund Kork oder Pantoffelholz verbindet, das viermal leichter als Wasser ist, und also 32 Pfund Wasser aus seinem Platz verdrängt, so treiben beide zusammen $161 + 32 = 193$ Pfund Wasser aus dem Wege; die Summe ihrer Gewichte aber ist nur $161 + 8 = 169$ Pfund, mithin bleiben noch 24 Pfund für die hebende Kraft übrig, mit welcher in diesem Falle das Ganze von dem Wasser anfwärts getrieben wird. Nimmt man aber auch hierbei, die

eigen-

eigenthümliche Schwere des Menschen größer an als das Wasser, etwa $\frac{1}{10}$tel, so wird der Mensch doch noch mit einer Kraft von 8 Pfund, durch das Wasser in die Höhe getrieben werden. Denn mit 16 Pfund würde der Mensch unter diesen Umständen sinken, aber mit 24 Pfund würde das Wasser diesem Sinken entgegenstreben, also ihn mit 8 Pfund heben.

197.

Darauf beruhen Methoden, den Menschen das Schwimmen durch Kork, aufgeblasene Blasen, hohle Körper u. s. w zu erleichtern. Brustwamsen aus Kork gemacht, schicken sich am besten dazu. Blasen und andere hohle Körper, können leicht während dem Schwimmen nachlassen. Nach den vielen mühsamen Versuchen, welche die Naturkündiger über das Schwimmen der Menschen angestellet haben, finden die mehresten, daß die eigenthümliche Schwere des Menschen, der des Wassers ihre gleich gesetzt werden kann; ja einige haben sie noch leichter als Wasser gefunden. Dies letzte ist vorzüglich der Fall bei fetten Körpern. Hieraus erhellet auch, daß todte Menschen und Thiere, die eine Zeitlang im Wasser gelegen, müssen wieder auf die Oberfläche desselben kommen, weil die Fäulniß den thierischen Körper in einen grössern Raum ausdehnet. Merkwürdig ist es doch, daß fast alle Thiere besser schwimmen als die Menschen; denn bei letztern ist es Kunst, bei erstern aber Natur.

198.

Von flüssigen Materien, die verschiedene eigenthümliche Schwere haben, schwimmt, wenn sie sich einander nicht auflösen, die leichtern auf den schwerern, z. B. Oel auf Wasser und Wasser auf Queckſilber. Vier Flüssigkeiten von verschiedenen Schweren, als Queckſilber, zerflossenes Weinsteinsalz, Weingeist und Bergöl, zusammen in einer verschlossenen Glasröhre, geschüttet, machen das aus, was man ein Elementenglas, oder eine Elementarwelt nennt. Diese Materien durch einander geschüttelt, bilden den Chaos: so bald sie aber in Ruhe kommeu, scheiden sie sich allmählig, und treten nach ihrer eigenthümlichen Schwere über einander.

199.

Hieher gehört auch der sogenannte Passevin, oder die Verwandlung des Wassers in Wein. In den Boden eines Arzeneiglases mache man ein sehr feines Loch. Dies geht am leichtesten an, wenn man durch wiederholte Stösse mit einer stählernen Spitze ein grösseres Loch mitten in den Boden macht, dasselbe mit Siegellack verschließt, und dann mit einer heiß gemachten feinen Nehnadel das Siegellack durchsticht. Hierauf fülle man das Glas mit Wasser an, versenke es in ein mit leichtem rothen Weine gefülltes Schälchen: so wird man gewahr werden, wie der Wein wegen seiner grössern Leichtigkeit in Gestalt eines rothen Fadens in die Höhe steigt, und das Wasser aus der Stelle treibt.

Siehe Schraders Grundriß der Experimental-Naturlehre. Hamburg 1797. in 8.

Ein Ey, daß in süssem Wasser untersinkt, durch allmähliges Hinzugiessen von Salzwasser aber dahin gebracht werden kann, daß es mitten in der Flüssigkeit schwimmen muß. Hieraus kann man sich die starke Lauge der Seifensieder erklären.

Ein Tropfen Baumöl schwimmt im Wein in der Mitte — gießt man Weingeist hinzu, so wird er schwerer werden und sinken, durch hinzu gegossenes Wasser aber in die Höhe steigen.

Mehrere hieher gehörige Versuche, gehören in die Naturlehre. Dahin gehöret auch noch die Erklärung über das Schwimmen der Fische.

## 200.

Ehe wir dasjenige, welches wir zu unserm Zwecke noch aus der Hydrostatik gebrauchen, abhandeln, wollen wir hier unsern Lesern, eine kleine Tabelle über die eigenthümliche Schwere der Körper mittheilen. In dieser Tabelle ist die Schwere des destillirten Wassers zur Einheit angenommen, oder gleich 1 gesetzt worden, und nach dieser, die eigenthümlichen Schweren der übrigen Körper angegeben.

Weitläuftiger findet man diese Angaben, in solchen Tabellen, die Muschenbroeck, Brisson und andere mehr, in ihren Werken geliefert haben. Unsere ist nur ein kleiner Auszug aus diesen grössern.

201.

## Tabelle der eigenthümlichen Schwere verschiedener Körper.

### I. Metallische Substanzen.

#### 1) Edle oder vollkommene Metalle.

| | | |
|---|---|---|
| Platina | 20,000<br>21,061 | Sickingen. |
| Gold | 19,640 | Muschenbr. |
| Silber | 11,095 | ″ |

#### 2) Unedle oder unvollkommene Metalle.

| | | |
|---|---|---|
| Queckſilber | 14,110 | Muschenbr. |
| Blei | 11,352 | ″ |
| Kupfer | 8,876 | Bergmann. |
| Eiſen | 7,800 | Musch. |
| Stahl | 7,833 | Briſſon. |
| Zinn | 7,291 | ″ |
| Zink | 6,862 | Bergmann. |
| Spießglas König | 6,860 | ″ |
| Wißmuth | 9,670 | ″ |
| Braunſteinkönig | 6,850 | ″ |
| Arſenikkönig | 8,310 | ″ |
| Kobold | 7,700 | ″ |
| Wolframkönig | 17,600 | de Luyart. |
| Wolfram | 7,842 | ″ ″ |

#### 3) Metallische Mischung.

| | | |
|---|---|---|
| Meſſing | 8,395 | Briſſon. |

## II. Erden und Steine.

| | | |
|---|---|---|
| Kalkstein . . . . | 2,720 | Bergmann. |
| Kreide . . . . . | 2,650 | ; |
| Marmor . . . . . | 2,800 | ; |
| Gips . . . . . | 2,320 | ; |
| Speckstein . . . | 2,780 | Kirwan. |
| Serpentinstein . . | 3,650 | ; |
| Puzzolane . . . . | 2,800 | ; |
| Schiefer . . . . | 2.780 | ; |
| Alaunerde . . . . | 1,305 | Bergmann. |
| Schwerspath . . . | 4,496 | ; |
| Chalcedon . . . . | 4,360 | Muschenbr. |
| Granat, böhm. . . | 4,360 | ; |
| Sapphir . . . . | 4,090 | ; |
| ; orient. . . | 3,562 | ; |
| Diamant . . . . | 3,517 | ; |
| Topas, sächs. . . . | 3,450 | ; |
| Chrysolith . . . . | 3,360 | ; |
| Carneol . . . . | 3,290 | ; |
| Rubin . . . . . | 3,180 | ; |
| Lasurstein . . . . | 3,054 | ; |
| Smaragd . . . . | 3,095 | ; |
| Turmallin . . . . | 3,000 | ; |
| Bergcrystall . . . | 2,650 | ; |
| Isländ. Crystall . | 2,720 | ; |
| Hyacinth . . . . | 2,613 | ; |
| Jaspis . . . . . | 2,666 | ; |
| Opal . . . . . | 1,958 | ; |

| | | |
|---|---|---|
| Reiner Quarz . . . | 2,763 | Muschenbr. |
| Gemein. Kiesel . . | 2,542 | ; |
| Engl. Krystallglas . | 3,150 | ; |
| Venet. Glas . . . | 1,591 | ; |
| Gem. grünes Glas . | 2,266 | ; |

## III. Säuren und Salze.

| | | |
|---|---|---|
| Concentrirte Schwefelsäure | 2,125 | Bergmann. |
| Gemein. Vitriolöl . . | 1,700 | ; |
| Concentr. Salpetersf. . . | 1,580 | ; |
| ; Salzsäure . . | 1,150 | ; |
| Destillirter Essig . . . | 1,011 | ; |
| Weisser Arsenik . . . | 3,706 | Muschenbr. |
| Salpeter . . . . . | 1,900 | ; |
| Reines Kochsalz . . . . | 1,918 | ; |
| Steinsalz . . . . . | 2,143 | ; |
| Sublim. Salmiak . . . | 1,420 | ; |
| Borax . , . . . . | 1,720 | ; |
| Alaun . . . . . | 1,714 | ; |
| Bleizucker . . . . . | 2,395 | ; |
| Engl. Vitriol . . . . | 1,880 | ; |
| Zink Vitriol . . . . . | 1,900 | ; |
| Weisser Zucker . . . . | 1,606 | ; |

## IV. Brennbare Körper.

| | | |
|---|---|---|
| Steinkohlen . . . . | 1,240 | Muschenbr. |
| Bernstein . . . . . | 1,065 | ; |
| Schwefel . . . . . | 1,800 | ; |

## V. Spirituöse Körper.

| | | |
|---|---|---|
| Alkohol . . . . | 0,815 | Muschenbr. |
| Vitriolæther . . . | 0,732 | " |
| Weisser Franzwein . | 1,020 | " |
| Frontignac . . . | 1,008 | " |
| Mallaga . . . . | 1,015 | " |
| Rother Capwein , . | 1,018 | " |
| Weisser dito . . . | 1,039 | " |
| Pontak . . . " | 0,993 | " |
| Champagner . . . | 0,962 | " |
| Moßler . . . . | 0,916 | " |
| Rheinwein . . . | 0,999 | " |

## VI. Fettte Körper.

| | | |
|---|---|---|
| Rindertalg . . . | 0,995 | " |
| Hammeltalg . . . | 0,943 | " |
| Schweinschmalz . . | 0,954 | " |
| Gelbes Wachs . . | 0,960 | " |
| Weisses " . . | 0,966 | " |

## VII. Fette oder ausgepreßte Oele,

| | | |
|---|---|---|
| Baumöl . . . | 0,913 | " |
| Leinöl . . . . . | 0,928 | Brandes |
| Rübsamöl . . . . | 0,902 | " |
| Weisses Mohnöl . . | 0,922 | " |
| Süsses Mandelöl . . | 0,928 | Muschenbr. |

VIII. De

## VIII. Destillirte oder wesentliche Oele.

| | | |
|---|---|---|
| Nelkenöl . . . . | 1,034 | Muschenbr. |
| Pomeranzenöl . . | 0,888 | ; |
| Zimmtöl . . . . | 1,035 | ; |
| Rosmarienöl . . . | 0,934 | ; |
| Wacholderöl . . . | 0,911 | ; |
| Terpentinöl . . . | 0,792 | ; |

## IX. Gummen und Harzen.

| | | |
|---|---|---|
| Aloe . . . . . | 1.358 | Muschenbr. |
| Arab. Gummi . . | 1.735 | ; |
| Pech . . . . . | 1,150 | ; |
| Kampfer . . . . | 0,996 | ; |

## X. Verschiedene Hölzer.

| | | |
|---|---|---|
| Indianisch. Cedernholz . . | 1,315 | M. |
| Burbaumholz . . . . | 1,328 | ; |
| und . . . . . | 0,919 | ; |
| Brasilienholz . . . . | 1,031 | ; |
| Ebenholz . . . . . | 1,209 | ; |
| Fernambuckholz . . . . | 1,014 | ; |
| Franzosenholz . . . . | 1,333 | ; |
| Mahagonyholz . . . . | 1,063 | ; |
| Altes Eichenholz . . . | 1,666 | ; |
| Eichenh. vom Stamme . | 0,829 | ; |
| — vom grünen Aste . | 0,970 | ; |
| Weisses Nadelholz . . . | 1,041 | ; |
| Rothes dito . . . . | 1,128 | ; |

| | | |
|---|---|---|
| Campecheholz . . . . | 0,913 | M. |
| Büchenholz . . . . . | 0,852 | ; |
| Gelb. Sandelholz . . . | 0,809 | ; |
| Erlenholz . . . . . | 0,800 | ; |
| Ahornholz . . . . . | 0,755 | ; |
| Eschenholz . . . . . | 0,734 | ; |
| Afpelholz . . . . . | 0,793 | ; |
| Pflaumenholz . . . . | 0,785 | ; |
| Haselholz . . . . . | 0,600 | ; |
| Birnenholz . . . . . | 0,661 | ; |
| Ulmenholz . . . . . | 0,600 | ; |
| Lindenholz . . . . . | 0,604 | ; |
| Weidenholz . . . . . | 0,584 | ; |
| Wacholderholz . . . . | 0,556 | ; |
| Tannenholz . . . . . | 0,550 | ; |
| Pappelholz . . . . . | 0,383 | ; |
| Kork . . . . . | 0,240 | ; |
| Eis . . . . . | 2,916 | ; |
| Wasser . . . . . | 1,000 | ; |
| Athmosphärische Luft in der Gegend von der Oberfläche der Erde . . . | 0,080 | ; |

202.

Der Gebrauch dieser Tabelle ist leicht, denn die Zahlen bei jeder Materie, zeigen das Verhältniß der eigenthümlichen Schwere zum Wasser an. So verhält sich die eigenthümliche Schwere der Steinkohle zum Wasser, wie

wie 1000 : 1240. Weiß man ferner das Gewicht von einem bestimmten Wasserraum, wie von einem Cubicfusse, oder Cubiczolle, so läßt sich das Gewicht, von jeder andern Materie, deren eigenthümliche Schwere bekannt ist, leicht angeben. Denn man braucht nur das Gewicht von dem bestimmten Wasserraum, mit der specifiken Schwere der Materie zu multipliciren. Z. B. Kork ist 0,240 mal schwerer als Wasser; folglich ist das Gewicht von einem Cubicfusse dieser Materie = 49. 0,240 = $11\frac{76}{100}$ ℔. Eben so verfährt man auch mit den übrigen Körpern.

203.

Ist die eigenthümliche Schwere von einem Körper bekannt; so weiß man auch, wie viel der Körper im Wasser verliert, oder das Gewicht des Wassers von eben dem Raume als der Körper im Wasser einnimmt, und eben dadurch giebt die Hydrostatik ein Mittel an die Hand, den cubischen Inhalt eines Körpers zu bestimmen, den man durch die Geometrie, wegen seiner irregulairen Gestalt nicht gut herausbringen kann. Man nehme z. B. an, eine gewisse Materie verliere im Wasser $2\frac{1}{2}$ Loth, so läßt sich der cubische Inhalt von diesem Gewicht durch folgende Proportion finden:

32 Loth Wasser : $2\frac{1}{2}$ Loth Wasser = 35,26 C. Z. : ?

Die vierte Zahl ist = 2, 73 Cubiczoll. So viel beträgt der Raum für $2\frac{1}{2}$ Loth Wasser.

Wäre

Wäre aus dieser Materie eine Statue, oder irgend ein anderer irregulärer Körper gemacht, und man wüßte das Gewicht des ganzen Körpers, so ließe sich der cubische Raum dieses Körpers, durch eine zweite Proportion eben so geschwinde berechnen als die erste.

Gesetzt die Statue wiege 100 ℔, so ist

$2\frac{1}{2}$ Loth : 100 ℔ = 2, 73 C. Z. : ?

Die vierte proportional Zahl ist 2494, 4

Und eben so groß an Cubiczollen, ist der Körper von 100 ℔ Schwere.

204.

Die Versuche brauchen mit solchen Körpern, deren eigenthümliche Schwere schon bekannt ist, nicht wiederholt zu werden, wenn man den cubischen Inhalt von einem irregulären Körper finden will. So zeigt uns z. B. die Tabelle, daß das Eisen 7,800 mal schwerer ist als Wasser, mithin wird 1 Pfund Eisen im Wasser $7\frac{8}{10}$ von seinem Gewichte verlieren, oder der Wasserraum, der von 1 Pfund Eisen aus dem Wege getrieben wird, wiegt $7\frac{8}{10}$ von 1 ℔ = $7\frac{8}{10}$ = $\frac{10}{78}$ ℔ = $4\frac{4}{39}$ Loth, und von diesem Raum ist uns der körperl. Inhalt bekannt, weil wir das Gewicht von einem Cubicfusse Wasser wissen ($1\,7\frac{28}{49}$). Und eben so verfährt man mit allen übrigen Körpern,

Aus diesem Grunde sieht man den Nutzen von einer solchen Tabelle, welche die eigenthümliche Schwere von vielen Körpern enthält, bald ein; zumal wenn die Versuche mit Genauigkeit und Sorgfalt angestellt

sind,

sind, wie man von unserer hier mitgetheilten Tabelle mit Recht, vermuthen kann.

205.

Durch das Abwiegen der Körper im Wasser, und den Verlust, den sie in demselben leiden, hat man auch die Hydrostatik auf das Probiren zweier Metalle, die mit einander vermischt sind, angewendet. Den ersten Versuch von dieser Art schreibt man dem berühmten griechischen Mathematiker Archimedes zu. Mit diesem grossen Manne fängt, so zu reden, die Hydrostatik an, die aber nachher ganz vernachläßiget ward, und erst seit 150 Jahren ein wissenschaftliches Ansehen wieder angenommen hat.

Die Geschichte, welche man bei dieser Gelegenheit von Archimedes erzählet, mag eine Erdichtung sein, so thut dieses nichts zur Sache; genug er war der erste, der etwas über diese Materie geschrieben, und von dem Verfahren eine deutliche und gründliche Erklärnng gegeben hat.

206.

Vorausgesetzt, daß zwei Metalle, wenn sie mit einander vermischt werden, nach der Vermischung einen Raum einnehmen, der so groß ist, als die Summe von beiden vorhergehenden, so läßt sich aus dem Verluste, den die beiden mit einander vermischten Körper, im Wasser leiden, nach folgender Regel, das Gewicht von jedem einzelnen Metalle finden.

207.

Um die Regel besser verstehen zu können, wollen wir das erste Metall mit A, und das zweite mit B, bezeichnen. Man multiplicire den Verlust der Mischung im Wasser mit dem Gewicht des Metalls B; von diesem Produkte ziehe man das Produkt aus dem Gewichte der Mischung, multiplicirt mit den Verlust des Metalls B im Wasser, ab: diesen Unterschied dividire man durch das Produkt des Verlustes von dem Metalle in das Gewicht des Metalls B, weniger das Produkt des Metalls A in den Verlust des Metalls B, im Wasser. Diesen Quotienten multiplicire man endlich in das Gewicht des Metalls A. Das Produkt, welches man auf die Art erhält, giebt den Theil des Gewichts A in der Mischung.

Beispiel. Wenn 37 Pfund Zinn im Wasser 5 Pfund; und 23 Pfund Blei im Wasser 2 Pfund verlieren; ferner eine Mischung aus Zinn und Blei von 120 ℔ im Wasser 14 ℔ verlieret: so ist das Gewicht des Zinns in der Mischung, nach obiger Regel =

$$\frac{14.\ 23\ -\ 120.\ 2}{5.\ 23\ -\ 37.\ 2}.\ 37 = \frac{82}{41}.\ 37 = 74 \text{ Pfund}$$

Zinn. Da nun die ganze Mischung aus 120 Pfund besteht, so ist das Gewicht des Bleies = 120 ℔ — 74 ℔ = 46 ℔.

Anmerk. Für diejenigen unserer Leser, welche etwas in der Algebra geübt sind, können auf folgende Art leicht den Grund von der obigen Regel, vermittelst

telst einer einfachen Gleichung, angeben. Wir wollen setzen, daß p ℔ Zinn im Wasser a ℔ verliert; q ℔ Blei aber b ℔. Die ganze Mischung, welche d ℔ wiegt, verliere im Wasser c ℔. Diese Stücke sind gegeben. Nun sei in der Mischung x ℔ Zinn, so ist an Blei darin $d - x$ ℔. Demnach $p : a = x : \frac{ax}{p}$; soviel verliert x im Wasser; und $q : b = d - x : \frac{(d-x)}{q}$ b verliert $d - x$ oder das Blei. Also

$$\frac{ax}{p} + \frac{(d-x)}{q} b = c; \text{ oder } aqx + (d-x)bp = cpq = aqx + bdp - bpx = cpq; \text{ oder}$$

$aqx - bpx = cpq - bdp$; welches einerlei ist mit $(bq - ap)x = (cq - bd)p$ und daher

$$x = \frac{(cq-bd)}{aq-pb} p.$$ Nun ist $q = 23$ ℔; $c = 14$ ℔; $b = 2$; $d = 120$; $a = 5$ und $p = 37$; also

$$x = \frac{14.23 - 2.120}{5.23 - 2.37} . 37 = 37 \frac{82}{41} = 74 \text{ ℔ Zinn.}$$

208.

Aus der Auseinandersetzung des gegebenen Beispiels erhellet, daß eine ähnliche Probe mit Gold und Silber, mit Gold und Kupfer, und mit Silber und Kupfer, vermittelst des Abwägen im Wasser sich anstellen

stellen läßt; also statt des Probirens auf dem chemischen Wege, mit einiger Einschränkung, die wir gleich anzeigen werden, gebraucht werden kann. Das Zusammenschmelzen zweier Metalle, nehmen nach den Erfahrungen, die man darüber angestellet hat, nicht einen Raum ein, der so groß ist, als die beiden Räume zusammengenommen, betragen. Denn die Metalle haben Zwischenräume, die nicht mit der metallischen Materie angefüllet sind; in diese Zwischenräume dringen die andern Theile von den Metallkörpern ein, wodurch nothwendig die Mischung dichter werden muß. Die Mischung kann aber auch weniger dicht werden, wenn die zwei metallischen Stoffen sich mehr von einander entfernen, als zusammenkommen. Alles dieses widerstreitet unsern hydrostatischen Satz, und müssen daher die Archimedische Probe, bei der Untersuchung der Metallmischungen, in Hinsicht ihres Gehalts, unsicher machen, und daher ist die Feuerprobe der Wasserprobe vorzuziehen.

## 209.

Körper, die leichter sind als Wasser, sinken, wie wir eben umständlich gezeigt haben, nur so tief im Wasser ein, daß das Wasser, welches sie aus dem Wege treiben, grade so viel wiegt, als der eingetauchte Körper. Eben dieses können wir auch durch einen Körper zu Stande bringen, der eigenthümlich schwerer ist als Wasser, wie ebenfalls im vorigen erläutert worden ist. Hierauf gründet sich die Verfertigung eines Werkzeugs, das unter dem Namen des Hydrometers

meters, oder Aräometer, auch Wasserwage bekannt ist. Dieses Werkzeug ist gewöhnlich aus folgenden Theilen zusammengesetzt.

Es besteht nemlich aus einer großen hohlen Kugel B (F. 46 T. III.), die aus Elfenbein, Glas, Kupfer, Messing u. s. w. gemacht werden kann. An diese Kugel läßt sich unten eine andere kleine, ebenfalls hohle Kugel C, anschrauben. In diese kann man etwas Queckfilber, oder auch Schrot hineinlegen, wodurch das ganze Werkzeug eine größere Schwere erhält, und also tiefer in den flüssigen Körper einsinken kann. In A wird ein etwas langer Stiel, oder Röhre A F, eingeschroben, auf welche man eine beqeme Eintheilung anbringen kann. Diese dienet zum Maßstabe. Das obere Ende des Stiels ist bei vielen Werkzeugen dieser Art, noch mit einer Vorrichtung versehen, auf welche man kleine Gewichte von verschiedener Schwere legen kann, nachdem das Instrument mehr oder weniger tief, sich in die Flüßigkeit einsenken soll, und dient also zu eben dem Zweck, als die untere hole Kugel C.

210.

Will man dieses Werkzeug zum Gebrauche flüßiger Körper einrichten, die schwerer als Wasser sind, so senke man dasselbe in reines Wasser ein, und bemerke auf dem Stiel den Punkt, bis zu welchem das Instrument einsinkt. Da nun das Gewicht des Wassers, welches das Werkzeug aus der Stelle getrieben hat,

gleich

gleich dem ganzen Gewichte des Instruments ist, so läßt sich aus dem leztern leicht das Gewicht von jeder flüssigen Materie durch dasselbe finden. Gesetzt, das Werkzeug wiege 4000 Gran, so ist dieses einerlei mit dem Gewichte des Wassers, das es aus der Stelle getrieben hat. Wir wollen annehmen, daß das Instrument bis an den Punkt G des Stiels ins Wasser eingesunken sei. Jetzt bringe man das Werkzeug z. B. in Brunnenwasser, worin es, weil dieses schwerer ist als Regenwasser, nicht so tief einsinken wird. Also wird der Sinkungspunkt für diesen flüßigen Körper unter G fallen. Hat man vorher den Stiel für sich gewogen, und denselben so genau als es nur angeht, in Zolle und Linien, eingetheilt, so läßt sich daraus die Schwere dieses flüßigen Körpers gegen Regenwasser, ziemlich genau bestimmen.

211.

Wir wollen annehmen, der Stiel habe ein Gewicht von 100 Gran, und das Instrument wäre in Brunnenwasser unter G, um $\frac{1}{10}$ Zoll gesunken; der ganze Stiel habe aber eine Länge von 10 Zoll, und sei von Meßing, so würde das Gewicht für $\frac{1}{10}$ Zoll grade 1 Gran betragen; und wenn wir nun das Meßing 8 mal schwerer annehmen, als Wasser, so wiegt eben so viel Wasser, dem Raume nach, $\frac{1}{8}$ Gran. Aber $\frac{1}{8}$ von $\frac{1}{4000}$ ist $= \frac{1}{32000}$; also muß das Brunnenwasser $\frac{1}{32000}$ mal schwerer als Regenwasser sein.

Eben so verfährt man auch mit den übrigen flüßigen Körpern. Die Salzwagen oder Salzspin-

spindeln geben den Gehalt der Sohlen auf eben diese Art an; aber werden nicht mit so vielem Fleiß gemacht, als die so eben beschriebene Wage. Denn man trägt auf den Stiel derselben einen Maßstab, der sich nach der Auflösung einer gewissen Menge Salz in einer bestimmten Quantität Wasser, richtet. Ist hingegen der flüßige Körper leichter als Wasser, so wird das Instrument tiefer einsinken als bis G; und die Rechnung läßt sich eben so als vorhin, anstellen. Hierauf gründen sich die Brantweinproben. Allein bei den lezten Werkzeugen muß man vorzüglich auf den Zustand der Wärme und Kälte Rücksicht nehmen, weil dieser ungemein vielen Einfluß auf die Stärke und Schwäche der spirituösen Getränke hat. Alle Wagen, deren wir hier kurz erwähnet haben, zeigen doch nichts mehr an als die Schwere des flüßigen Körpers. Die Flüßigkeit kann aber auch noch andere Körper aufgelößt in sich enthalten, ohne daß uns das Instrument davon unterrichtet, denn dieses giebt blos die Schwere der flüßigen Masse an. Bei den Salzauflösungen wissen wir dieses ja bestimmt. Eben dieses mag bei vielen andern flüßigen Massen der Fall sein.

Von den chemischen und physischen Eigenschaften des Wassers sehe man den ersten Theil dieses Bandes, unter dem Artikel: Wasser und dessen Eigenschaften, von Seite 49 bis 60.

## Hieher gehörige Bücher.

J. G. Büsch Versuch einer Mathematik zum Nutzen und Vergnügen des bürgerlichen Lebens, Zweiter Theil ꝛc. Hamburg 1791.

Philosophia Brittannica: oder neuer und faßlicher Lehrbegrif der Newtonschen Weltweisheit u. s. w. Von B. Martini. Erster Theil. Leipzig 1778. in 8.

W. J. G. Karsten, Auszüge aus den Anfangsgründen und dem Lehrbegriffe der Mathematischen Wissenschaften. 2te Aufl. II. Band. Greifswald, 1785.

Die Elementer der Mathematik, von J. F. Lorenz. Zweiter Theil. Leipzig, 1786.

A. G. Kästners. Anfangsgründen der angewandten Mathematik. Vierte Aufl. Göttingen, 1792.

# Vierter Abschnitt.

## Die Aerometrie, oder die Lehre vom Gleichgewichte flüßig-elastischer Körper.

### 212.

Diese mathematische Wissenschaft handelt von den mechanischen Eigenschaften desjenigen flüßig-elastischen, aber unsichtbaren Körpers, der uns von allen Seiten umgiebt, und ohne welchen kein lebendiges Geschöpf auf unserer Erde leben könnte. Wir nennen diesen flüßigen Körper, den wir zwar nicht sehen, aber wohl fühlen können, Luft; und verstehen darunter, indem wir dieses Wort aussprechen, eine unsichtbare, farbenlose, durchsichtige, sich zusammenziehende, schwere und elastische Materie, welche unsere Erde von allen Seiten umgiebt. Sie gehöret, wie wir auch schon oben in der Hydrostatik gesagt haben, zu denjenigen flüßigen Körpern, die sich nie in einen festen Zustand verwandeln lassen.

Anmerk. Die Lehre von der Luft, in mathematischer Hinsicht, ist zuerst von dem Herrn von Wolf in ein ordentliches System gebracht worden. Vorher handelte man sie stückweise ab. Man kannte viele von ihren Eigenschaften schon lange; allein ihre Kräfte hat man erst seit etwa 200 Jahren untersucht. Die neuen Entdeckungen, welche die verschiedenen Luftarten in sich fassen, gehören nicht

hieher, sondern machen ein großes Kapitel der Naturlehre aus, und wovon wir schon das allgemeine, in dem ersten Theil dieses Bandes, im ersten Abschnitte von Seite 39 bis 48, vorgetragen haben.

213.

Von dem Dasein dieses Körpers, können wir uns zuerst leicht, durch jede Bewegung die wir mit der Hand machen, überzeugen. Bewegen wir diese, so wie jeden andern Körper, etwas geschwinde, so fühlen wir erstlich, daß unserer Hand etwas entgegen wirkt, und ist die Bewegung stark genug, oder geschieht mit einem Stock oder Peitsche, so hören wir auch alsdann ein Geräusch. Taucht man ein leeres Glas, etwa ein Bierglas, mit unterwärts gekehrter Oefnung, in einer Schale, so unter Wasser, daß der Rand des Glases beim Aufsetzen die Wasserfläche ringsherum berühret, so füllt das Wasser die Höhlung des Glases nicht ganz aus, wie es doch nach hydrostatischen Gründen geschehen sollte, sondern nur ein ganz kleiner Theil desselben, dringt in das Glas hinein. Dieser Versuch zeigt also deutlich, daß das Glas mit etwas angefüllet sein müsse, das dem Eindringen des Wassers widersteht.

214.

Wenn man den so eben beschriebenen Versuch mit dem leeren Glase anstellt, so muß man eine Kraft anwenden, um das Glas unter Wasser zu halten. Läßt dieser Druck auf dem Boden des Glases nach,

so

so dehnt sich die im Glase eingesperrte Luft aus, und das Glas wird von derselben in der Schale umgewor: fen. Dabei wird man gewahr, daß dieses etwas, das im Glase eingesperrt war, in der Gestalt von Blasen herausgeht. Alles dieses wird nicht erfolgen, so bald der Rand des Glases, die Wasserfläche unter einer schiefen Richtung, durchschneidet. Das Glas wird in der Schale ruhig stehen bleiben, und das Wasser wird in dem Glase auf eben die Höhe steigen, als es in der Schale steht. Während also, daß das Glas, unter einer schiefen Richtung, in die Schale gedruckt wird, gewinnt die Luft im Glase, Zeit, seitwärts aus demselben in Blasen herauszugehen.

215.

Dieser Versuch beweiset also, nicht nur das Da: sein der Luft, sondern auch die Elasticität derselben, oder die Eigenschaft, daß sie sich zusammendrucken läßt, und wenn die Kraft, wodurch dieses geschieht, nachläßt, sie sich von selbst wieder ausdehnt.

Eben dieses läßt sich auch beweisen, wenn man einen Stempel, der sehr genau an den Seitenwänden einer Röhre anschließt, in eine Röhre hineinzupreßen sucht. Man wird nicht im Stande sein, dieses zu thun, wenn man der Luft in der Röhre, keinen freien Ausgang verstattet; und so bald die Kraft, welche den Stempel in die Röhre hineinzutreiben sucht, nachläßt, so wird der Stempel, mit einer Gewalt, die dem Drucke gleich ist, wieder herausgestoßen.

216.

Auf den ersten Versuch mit dem Glase, gründet sich die Einrichtung der Taucherglocke. Die älteste Nachricht vom Gebrauche derselben in Europa, ist vom Jahre 1538, und wird vom P. Schott aus Teisnier, angeführt. Leupold hat eine Menge Vorschläge, den Auffenthalt unter Wasser zu verlängern, beschrieben und abgebildet. Die Glocke, welche Sinclair beschreibt, besteht aus einem glockenförmigen Gefäße, von Holz oder Metall. Daran hängt entweder unten eine Tafel, auf der der Taucher steht, oder es sind im Umfange Queerhölzer angebracht, auf denen er sitzt. Der Fußtritt hängt etwa 2 Fuß tief unter dem Rande der Glocke. Tritt nun ein Mensch auf diesen, so befindet sich sein Kopf und Oberleib bis auf 4 Fuß im innwendigen Ranme der Glocke. Wird die Glocke so ins Wasser gesenkt, daß der ganze Rand die Oberfläche des Wassers mit allen seinen Punkten zugleich berührt, so wird die Luft eben so, als bei dem Versuche mit dem Trinkglase, in dem innern Raum der Glocke eingesperrt, und kann durch tieferes Hinablassen der Glocke zwar mehr zusammengedruckt, aber nie herausgetrieben werden, so daß sich der Kopf des Tauchers, nebst Brust und Armen stets im Trocknen und in der eingeschloßnen Luft befindet.

217.

Bei dieser Einrichtung bleibt aber die Schwierigkeit übrig, daß bei großen Tiefen der Taucher eine

sehr

sehr dicht zusammengepreßte Luft athmen muß, welche noch überdieß durch das Athemholen selbst bald verdorben, und zum fernern Athmen untüchtig gemacht wird. Man hat diesen Fehler auf mancherlei Art abzuhelfen gesucht. Halley, ein berühmter englischer Naturkündiger, ließ eine Glocke von 8 Fuß Höhe, 5 Fuß Weite am untern, 3 Fuß am obern Ende, und 63 Cubicfuß Inhalt verfertigen, die mit Blei überzogen, und so schwer war, daß sie schon leer zu Grunde sank. Am untern Rande waren Gewichte vertheilt, die denselben stets horizontal hielten. Oben war ein starkes Glas eingesetzt, um Licht durchzulassen; auch war ein Hahn angebracht, die verdorbene Luft herauszulassen. Die ganze Maschine hing an einem Queerbalken am Mastbaume des Schiffs. Es wurden große mit frischer Luft angefüllte Schläuche hinabgelassen, welche der Druck des Wassers zusammenpreßte, daß der Taucher durch Leder mit Oel getränkte Röhren dieser Luft einen Ausgang in die Glocken verschafften, und die verdorbene durch den Hahn herauslassen konnte. Durch dieses Mittel brachte es Halley so weit, daß er nebst vier anderen Personen, $1\frac{1}{2}$ Stunde lang 9 bis 10 Klafter (6 Fuß) tief unter Wasser bleiben konnte. Er machte durch die Menge der eingelassenen Luft den Meergrund so trocken, daß er nicht bis über die Schuhe in den Schlamm oder Sand trat. Durch das Fenster fiel so viel Licht ein, daß er bei stiller See lesen und schreiben konnte: er schrieb seine Befehle mit einem

eisernen

eisernen Griffel auf Blei, und schickte sie mit dem leergewordenen Luftschläuchen hinauf. Bei trübem Wetter und stürmischer See hingegen, war es unten ganz finster, und er mußte ein Licht brennen, das aber fast eben so viel Luft, als ein Mensch, verzehrte. Die einzige Ungemächlichkeit, die er empfand, war ein Schmerz in den Ohren, der von der Verdichtung der Luft beim hinablassen der Glocke entstand, aber bald wieder vergieng, wenn nur die Glocke sehr langsam niedergelassen ward. Ein Schwede, Martin Trivald, ließ die Halleysche Glocke viel kleiner und wohlfeiler aus inwendig verzinnten Kupfer machen. Abbildungen von. diesen Maschinen findet man bei Martin in seiner Philosophia brittanica, und im Gehlerschen physikalischen Wörterbuche, worauf wir unsere Leser verweisen.

218.

Wenn man eine Glasröhre von einer beträchtlichen Länge nimmt (nur muß sie nicht über 32 Fuß lang sein), die an ihren beiden Enden offen ist; füllt diese, nachdem man die untere Oefnung zuhält, mit Wasser an, und bringt sie alsdann in ein, mit Wasser angefülltes, Gefäß, zieht hierauf die Hand von der untern Oefnung der Röhre weg, und hält dafür die obere Oefnung der Röhre mit dem Finger zu, so wird das Wasser aus der Röhre nicht in das Gefäß herunterfallen, sondern in der Röhre hängen bleiben. Dies ist aber wider den hydrostatischen Grundsatz, daß das Wasser nicht eher in Ruhe stehe, bis es mit

dem

dem im Gefäße, in eine horizontale Fläche komme. Bei dieser Röhre ist es grade so, als wenn sie mit einer andern Röhre von eben der Höhe, welche mit Wasser angefüllt ist, im Gleichgewicht gehalten würde: das aber doch nicht der Fall ist. Man kann auch diesen Versuch mit einer Röhre machen, die am untern Ende verschlossen ist, und die obere Oefnung derselben mit dem Finger verschlossen werden kann. Hier muß also etwas sein, daß dem Wasser in der Röhre entgegendruckt, daß es nicht in daß Gefäß herabsinke. Dieser Druck rührt von der uns umgebenden Luft her; denn so bald die Hand oder der Finger von der obern Oefnung der Röhre weggenommen wird, fällt das Wasser aus der Röhre in das Gefäß, und steht alsdann in der Röhre eben so hoch, als im Gefäße.

219.

Ist die Röhre aber länger als 32 Fuß, so wird das Wasser nicht in der Röhre auf dieser Höhe hängen bleiben, sondern bis auf 32 Fuß herabfallen. Also muß der Druck der Luft seine Grenzen haben; oder der Druck der Luft, mit welchem sie auf die Oberfläche des Wassers wirkt, muß so viel betragen, daß er im Stande ist, Wasser in eine Röhre bis auf 32 Fuß hoch hinaufzutreiben. Hierauf gründet sich die Einrichtung der Saugepumpen, die das Wasser nicht viel höher als bis auf 32 Fuß, pumpen oder bringen können. Die Alten kannten dieses Gesetz nicht, sondern glaubten vielmehr, daß die Natur

einen

einen leeren Raum verabscheuete. Ein Gärtner zu Florenz gab die Veranlassung im Jahre 1643 dazu her, daß die Gelehrten damaliger Zeit, auf die Entdeckung dieser Ursache geriethen. Er bemühete sich nemlich, aber vergebens, das Wasser, vermittelst einer Saugepumpe höher als 32 Fuß zu bringen, und da er dieses nicht konnte, so fragte er den berühmten Galiläi um die Ursache. Dieser war der Meinung der Alten zugethan, und konnte, weil hier offenbar der Satz umgestoßen würde, keine wichtige und wahre Antwort darüber ertheilen.

220.

Ein Schüler von diesem berühmten Manne, Namens Torricellus, brachte erst einige Jahre darauf, die Ursache von dieser Erscheinung, durch folgenden Versuch heraus:

Er nahm eine Glasröhre von etwa 3 Fuß lang, die an dem einen Ende zugeblasen, an dem andern Ende aber offen war; er füllte diese Röhre mit Quecksilber an, kehrte alsdann die Röhre um, und brachte sie in ein Gefäß mit Queckſilber. Das Queckſilber fiel etwa bis $27\frac{1}{2}$ Zoll in der Röhre herab, und hier blieb es stehen.

Daraus schloß Torricellus, daß das Queckſilber müßte durch eben die Ursache in der Röhre bis zu der Höhe von $27\frac{1}{2}$ Zoll gehalten werden, als das Wasser in einer Röhre nur bis zu einer Höhe von 32 Fuß steigen kann. Er konnte dieses schon aus der eigen-

eigenthümlichen Schwere des Queckſilbers gegen Waſſer herleiten. Denn da das Queckſilber etwa 14mal ſchwerer als Waſſer iſt, ſo muß eine Röhre von 27½ Zoll lang mit Queckſilber angefüllt, eben ſo ſtark drücken, als eine Waſſerröhre von 32 Fuß. Denn 27½ Zoll : 32 Fuß = 1 : 14; alſo die eigenthümliche Schwere des Queckſilbers zum Waſſer.

221.

Zwei Röhren, die miteinander in Verbindung ſtehen, mit zwei flüßigen Körpern von verſchiedener eigenthümlicher Schwere angefüllt, ſtehen im Gleichgewichte, wenn ihre Höhen ſich umgekehrt, wie ihre eigenthümliche Schweren verhalten. Wenn demnach der eine Schenkel einer ſolchen Röhre mit Waſſer, der andere aber mit Queckſilber angefüllet iſt, ſo wird das Waſſer in dem einen Schenkel 14mal höher ſtehen, als das Queckſilber in dem andern; und nur in dieſem Fall werden beide flüßige Körper im Gleichgewichte ſtehen. Torricelli machte dieſen Verſuch mit dem Queckſilber zuerſt, und ſah die Wirkung an dieſer Queckſilberröhre grade ſo, wie an einer Waſſerröhre von 32 Fuß. Er ſchloß alſo für beide auf einerlei Urſache. Brach er die verſchloſſene Röhre, entweder mit Queckſilber oder Waſſer angefüllet, oben ab, ſo fielen beide flüßige Körper aus der Röhre in das Gefäß, worinnen ſie ſtanden, zurück, und blieben auf keine Weiſe hängen. Dadurch wurde alſo der Druck der Luft aufgehoben.

222.

222.

Torricelli nahm auch bald bei seiner mit Queckſilber angefüllten, und am obern Ende verſchloſſenen Röhre gewahr, daß das Queckſilber in der Röhre nicht immer auf gleicher Höhe ſtand, ſondern ſeinen Stand faſt immer veränderte. Dies gab in der Folge zu der Erfindung eines Maßſtabes Veranlaſſung, den man an die Röhre anbrachte, um dadurch den niedrigen und hohen Stand des Queckſilbers genäu anzugeben. Dadurch fand man die Grenze der Luft, in Anſehung ihres Drucks. Die Veränderung des Queckſilberſtandes an allen Orten der Erde, iſt ſich zwar nicht gleich, aber doch immer beſtimmt genug, um den Druck der Luft ziemlich genau anzugeben. So verändert ſich in unſerer Gegend dieſer Stand um $2\frac{2}{3}$ Zoll, und unterm Aequator geht faſt gar keine Veränderung vor. Eine Waſſerſäule von 32 Fuß Höhe, leidet eine weit ſtärkere Veränderung, und muß wenigſtens zwiſchen ihrem hohen und niedrigen Stand, einen Unterſchied von 3 Fuß und darüber, machen. Will man ſich alſo eine ſinnliche Vorſtellung von dem Drucke der Luft machen, ſo muß man ſich zwei Röhren, die miteinander in Verbindung ſtehen, vorſtellen, wovon der eine Schenkel $27\frac{1}{2}$ Zoll, oder 32 Fuß hoch iſt, entweder mit Queckſilber oder Waſſer angefüllt, der andere aber eine Höhe hat, die bis zur äuſſerſten Gränze unſerer Atmoſphäre reicht, und mit Luft angefüllt iſt. Dieſe leztere druckt eben ſo ſtark, als die erſte.

223.

223.

Die Luft muß also begränzt sein, und nicht, wie viele von den alten Naturforschern geglaubt haben, sich ins Unendliche erstrecken. Eben dadurch sind wir auch im Stande, den Druck der Luft, für jede Fläche, nach dem jedesmaligen Stand der Queckfilberröhre, anzugeben. Wir wollen die Höhe des Queckfilbers auf 28 Zoll setzen, so drückt die Luft auf einen Quadratfuß Fläche mit einer Gewalt, die so viel beträgt, als eine Säule von $2\frac{1}{2}$ Cubicfuß Queckfilber. Wiegt nun 1 Cubicfuß Queckfilber etwa 700 Pfund, so ist der Druck auf jeden Quadratfuß Fläche, 1750 Pfund. Nun rechnet man die Oberfläche eines erwachsenen Menschen auf 14 Quadratfuß; folglich leidet dieser fast beständig einen Druck von 24500 ℔. Und von diesem Druck der Luft fühlen wir fast gar nichts. Was ist die Ursache dieser Erscheinung? Die Federkraft der Luft.

224.

Gleich im Anfange dieses Abschnittes haben wir schon bemerkt, daß die Luft sich von dem Wasser besonders durch ihre Elasticität unterscheidet, und haben diesen Satz durch zwei Versuche gehörig erläutert. Diese Elasticität der Luft verursacht also, daß sie sich bemüht, sogleich den vorigen Raum wieder einzunehmen, wenn die Kraft aufhöret, wodurch sie genöthiget war, in diesen Raum zu treten. Doch kehrt sie sich nicht an diesen bestimmten Raum, sondern sie dehnt

sich

sich nach allen Seiten so lange aus, bis sie auf einen Widerstand stößt, der ihr ferneres Ausdehnen eine Gränze setzt. Und eben dadurch unterscheidet sich die Elasticität der Luft von der Federkraft der festen Körper. Denn diese letztern, z. B. eine Stahlfeder, nehmen wieder die vorige Gestalt an, die sie vor ihrer Zusammendrückung hatten, welches aber die Luft nicht thut, wie wir oben gezeigt haben. Also wird diejenige Luft, die sich in unserm Körper befindet, und denselben auch von allen Seiten umgiebt, das Gleichgewicht von der äußern Luft halten, und wir werden daher eben so wenig fühlen als ein Körper der sich im Wasser befindet, oder vielmehr von allen Seiten mit Wasser umgeben ist.

225.

Hieraus folgt dann auch, daß die untere Luft von der obern gedrückt, und einen kleinern Raum einnehmen muß, als die obere. Sie muß also immer sich mehr ausdehnen, oder einen größern Raum einnehmen, je höher man von der Oberfläche der Erde kömmt. Am Ende muß sie so dünne werden, daß sie fast gar keinen Druck mehr äussert, und hier muß ihre Gränze sein.

Jede torricellische Röhre muß dieses angeben, wenn man sich mit derselben auf höhere Gegenden der Erde begiebt. Diese Verdichtung der Luft rührt also von ihrer Schwere her. So lange noch kein Werkzeug erfunden war, wodurch man einen bestimmten Raum von Luft leer machen konnte, so lange wußte

man

man freilich nicht, das Gewicht der Luft anzugeben; aber als Otto Guerike seine Luftpumpe erfunden hatte, konnte man einen leeren Raum machen, und so das Gewicht der Luft für einen bestimmten Raum, angeben. Hierüber wollen wir unten uns noch bestimmter einlassen.

226.

Ausser dem Drucke, wirkt auch die Wärme und Kälte, wie bei den andern flüßigen Körpern, auf die Elasticität der Luft. Die Wärme dehnt sie aus, und die Kälte bringt sie in einen kleinern Raum zusammen. Nimmt man ein dünnes Glas, das mit Luft angefüllt ist, verstopft es sorgfältig mit einem Kork, daß die innere Luft nicht ausweichen kann, und setzt dieses Glas auf einen warmen Ofen, so wird es nicht lange dauern, daß das Glas zerspringt. Fischblasen, indem man sie auf Kohlen wirft, zerplatzen mit einen starken Knall; hält man eine zugebundene ganz schlaffe Blase übers Feuer, oder erwärmt sie auf einem Ofen, so fängt die Blase an, sich nach und nach auszudehnen, ja setzt man sie zu lange der Wärme aus, so kann man sie leicht zum Zerplatzen bringen. Nimmt man sie aber von dem warmen Orte weg, und legt sie an einen kalten hin, so fällt sie von selbst zusammen, und nimmt ihren vorigen Raum wieder ein. Diese Versuche beweisen also, daß die Luft eine merkliche Veränderung durch die Wärme und Kälte leide. Die kalte Luft ist beträchtlich schwerer als die warme, welches man an einem erwärmten

Zimmer

Zimmer leicht durch ein brennendes Licht beobachten kann; wenn man nemlich die Thür, die zu einem kältern Raum führt, ein wenig öfnet, und zwischen die Oefnung ein brennendes Licht bringt. Hält man dasselbe in der Gegend des Fußbodens, oder auch noch etwas höher, so schlägt die Flamme in das Zimmer hinein, bringt man es aber der Bodendecke nahe, oder nicht weit von derselben, so wendet sich die Flamme aus dem Zimmer heraus. Etwa in der Mitte, brennt die Flamme ganz grade. Dieses zeigt, daß die warme Luft oben aus dem Zimmer herausgeht, so wie im ersten Fall, die kalte Luft unten ins Zimmer herein fährt.

227.

Aus diesem Versuche mit dem Lichte folget auch, daß die Decke eines Zimmers, oder auch in der Nachbarschaft derselben, die Luft am wärmsten sei; und daß, wenn man frische Luft in ein Zimmer leiten will, dieses am besten, und für die Gesundheit am erträglichsten, durch eine Oefnung, die nahe an der Decke angebracht ist, geschieht. Hierauf gründet sich Franklins Ventilator, der unter den Namen, ein was ist das, bekannt ist.

Das Aufsteigen des Rauchs geschieht so lange, so lange er noch die ihm umgebende Luft erwärmet; ist er aber schon erkaltet, so fällt er vermöge seiner größern Schwere als die Luft, in derselben nieder. Daraus können wir uns also auch das Rauchen der Schornsteine

steine erklären, wenn die Sonne, wie man sich im gemeinen Leben auszudrücken pflegt, übern Schornstein steht. Denn durch die Wärme derselben, entsteht über der Oefnung des Schornsteins, gewisser maßen ein leerer, oder vielmehr ausgedehnter Raum von Luft, in welchen der Rauch nicht aufsteigen kann, sondern durch seine Schwere nun wieder zurückfallen muß. Eben so entsteht das Rauchen der Kamine, der Schornsteine ꝛc. aus Mangel an Luft, oder auch wenn die Luft in den Röhren zu kalt ist, und die erwärmte Luft zurück hält, oder sich mit derselben vermischt, wodurch also nothwendig der Rauch wieder ins Haus oder Zimmer zurückgetrieben wird. Geht aber ein beständiger Luftstrom übers Feuer weg, so wird diese, durch die Wärme ausgedehnt, und führt alles, was derselben entgegen wirkt, mit sich aus dem Wege. Da die kalte Luft sich beständig unten im Zimmer aufhält, so sieht man hieraus den Nutzen der Oefen ein, die mit einem sehr niedrigen Heerd versehen sind. Von der Art sind die Rumfordschen Sparöfen. Auf die erwärmte Luft gründet sich auch die erste Verfertigung der Luftmaschinen durch Montgolfier, obgleich er es selbst im ersten Anfange nicht wußte, sondern hielt diese verdünnte Luft für eine ganz eigne Luftart. Man sehe hierüber meine Uebersetzung der Franklinschen Briefe über das Rauchen der Kamine und der Schornsteine, bei Bohn, 1787.

Die

## Die Saugepumpe.

### 228.

Ein Werkzeug, das schon sehr lange bekannt war, ehe man darauf fiel zu fragen, was wohl die Ursache von dem Aufsteigen des Wassers bis zu einer gewissen Höhe, sein könnte. Sie besteht aus zwei Röhren, wovon die obere weiter als die untere ist. Beide Röhren (Fig. 47.) sind da, wo sie zusammen kommen, mit einem Rande B C, umgeben; zwischen beide Ränder wird ein lederner Ring gelegt, und man schraubt sie alsdann mit Schrauben fest an einander. Die untere Röhre, welche bis ins Wasser hinabgeht, heißt das Saugrohr, oder im Bergbau der Ansteckelkiel. Die obere Röhre A B C D, führt den Namen des Stiefels. Die Saugröhre ist unten mit einem durchbohrten Bleche l m, der Seiher, versehen, der zur Reinigung des Wassers dienet. Der Stiefel hat unten bei b eine Klappe (Ventil), und eben so eine hat auch der durchlöcherte Kolbe bei a.

### 229.

Wenn F G die Wasserlinie andeutet, so darf die senkrechte Höhe des Ventils b über F G, nicht höher als 28 — 29 Fuß sein, weil sonst der Druck der Luft, das Wasser nicht noch einige Fuß über das Ventil b hinauftragen könnte. Steht nun der Kolben in seiner niedrigsten Stelle und berührt das Ventil b, denn dies muß geschehen, weil sonst ein schädlicher Raum entstehen würde, und wird er hierauf durch

Hülfe

Hülfe der Kolbenstange etwa 4 Fuß in die Höhe gehoben, so wird sich die im Saugrohre befindliche Luft, vermöge ihrer Elasticität, ausdehnen, die Klappe b aufstoßen, und sich in den ganzen Raum, der durch das Aufziehen des Kolbens entstanden ist, ausbreiten. Allein eben dadurch wird ihre Federkraft vermindert, weniger auf 1 m drücken, und das Wasser wird in das Saugrohr treten; aber nur so viel als zum Gleichgewichte nöthig ist. Wird nun der Kolbe wieder herunter getrieben, so drückt er die Luft aus dem Stiefel gegen das Saugerohr, welche das Ventil b schließen, hingegen das Ventil a in dem Kolben öfnen wird. Hiedurch tritt die Luft über den Kolben hinauf. Beim zweiten Zuge geht eben dasselbe vor, wie beim ersten. Bei jeden neuen Hub tritt das Wasser immer höher und höher in das Saugrohr, bis es endlich die Klappe b öfnet, uud so in den Stiefel tritt. Zuletzt geht es durch den Kolben und tritt über denselben, wo es alsdann bis zu der Ausgusrohre H gehoben wird, und aus dieser ausläuft.

230.

Eine solche Vorrichtung als in der Zeichnung vorgestellet ist, wo die weite Röhre gleich auf der Saugröhre steht, heißt ein bloßes Saugwerk, und beim Bergbau ein niedriger Satz. Diese kann nur das Wasser bis 30 Fuß in die Höhe heben. Diese Höhe ist aber für die meisten Absichten zu geringe, und deswegen pflegt man auf dem Stiefel ABCD, über AD, noch ein Aufsatzrohr oder Steigerohr

von beträchtlicher Höhe zu setzen, an dessen obern Ende erst das Gußrohr angebracht wird. Diese Einrichtung heißt beim Bergbau ein hoher Satz. Will man das Wasser noch höher bringen, so setzt man noch mehrere Sätze auf einander, der untere gießt das Wasser in einen Behälter, woraus der folgende es in einen zweiten u. s. w. bringt; und auf diese Art läßt sich das Wasser bis an 200 Lachter hoch, aus der Tiefe heben. Von der bewegenden Kraft einer solchen Maschine werden wir unten das Allgemeine abhandeln.

## Der Heber.

### 231.

So heißt eine aus zwei Schenkeln, deren Gestalt gleichgültig ist, bestehende, an beiden Enden ofne Röhre A B C, wie Fig. 48, wodurch man durch den Druck der Luft, eine flüssige Materie aus einem Gefässe in ein anderes bringen will. Bringt man eine solche Röhre mit dem einen Schenkel in ein Gefäß mit einer flüßigen Materie angefüllet, so steigt das flüßige in ihr von selbst eben so hoch, als es in dem Gefässe steht. Will man es höher bringen, so muß die Luft, die sich über dem flüßigen Körper in der Röhre befindet, weggeschaft werden, welches entweder durch Aussaugen, oder auch durch Hineingiessen einer flüßigen Materie von eben der Art bei B, geschehen kann; es wird alsdann, wenn die senkrechte Höhe B E

unter

unter 32 Fuß, aus der Oefnung bei C, so lange herauslaufen, so lange A unter Wasser ist. Dadurch wird also das Wasser zwischen A und D E, gehoben, und eben daher hat dieses Werkzeug den Namen Heber erhalten.

232.

Bei dem Heber (Fig. 48 und 49) drückt die Luft auf die Wasserfläche D E mit einer Gewalt, die so groß ist, als 32 Fuß — B E; durch diesen Druck wird das Wasser in die Oefnung A bis zu dem Punkte B, in den Heber steigen. Auf der andern Seite drückt aber auch die Luft gegen die Oefnung C mit einer Gewalt, die gleich 32 Fuß — C B ist. Ist der erste Druck größer als der letzte, so wird das Wasser aus C herauslaufen, ist er aber kleiner, so wird das Wasser von B wieder zurück nach A gehen. Wenn demnach der Heber fliessen soll, so muß 1) die Oefnung A unter Wasser stehen; 2) die Höhen B E und E F müssen unter 32 Fuß sein, und 3) muß die ausgiessende Oefnung C tiefer liegen, als A.

233.

Hat man einen Heber, wovon die beiden Oefnungen A und C in einer wagrechten Linie liegen, so wird der Heber so lange laufen, so lange noch Wasser in dem Gefässe über A befindlich ist; es wird aber gleich zu laufen aufhören, so bald das Wasser nur bis A reicht. Der Heber bleibt aber in diesem Fall ganz mit dem flüßigen Körper angefüllt, und fängt gleich

wieder an zu laufen, so bald man etwas Wasser in das Gefäß gießt. Diesen Heber, nennt man den Würtenbergischen.

Eben diese Bewandniß hat es mit dem Wolfischen, bei welchem das Wasser aus dem kurzen Schenkel herausfließt, und der längere in dem Gefässe steht.

Hieraus sieht man also, daß es einerlei ist, ob man den langen oder kurzen Schenkel in das Gefäß bringt, wenn nur obige drei Bedingungen statt finden.

Der sogenannte Stechheber, mit welchem man einen flüßigen Körper, vermittelst Saugen, aus einem Gefässe zieht, beruht ganz auf den Druck der Luft.

## Das Barometer.

234.

Die in (III B. 1 Th. § 88) beschriebene torricellische Röhre mit Queckſilber angefüllet, wo dieses durch den Druck oder die Federkraft der Luft in der Röhre gehalten wird, heißt das Barometer, auch Baroscop. Den Namen erhielt diese Röhre vorzüglich daher, als die Naturforscher wahrnahmen, daß das Queckſilber in der Röhre nicht auf einerlei Höhe stehen blieb, sondern bald höher, bald niedriger, als 27½ Zoll stand. Daraus machte man also den Schluß, daß der Druck oder die Schwere der Luft, zu einer

Zeit

Zeit mehr, zur andern weniger sein müsse; und da dieser stärkerer und geringerer Druck, mehr oder weniger Einfluß auf die Witterung äußerte, so erhielt dieses Instrument in der Folge den Namen Wetterglas. Barometer heißt so viel, als Maß der Schwere; hingegen Baroscop heißt ein Werkzeug, das zur Beobachtung der Schwere gebraucht wird. Die Einrichtung, die verschiedene Arten, die Verfertigung und Gebrauch des Barometers, ist schon von uns im ersten Theile dieses Bandes, von Seite 68 bis 79 umständlich beschrieben worden, so daß wir hier nichts weiter, als die mathematischen Lehren, die bei diesem Werkzeuge vorkommen, noch nachzuholen haben.

235.

Im ersten Theile (§ 90) ist die Einrichtung des ersten Barometers beschrieben. A B (Fig. 50) stellt die Röhre von 30 — 32 Zoll lang vor, die an ihrem obern Ende A zugeblasen, und mit ihrem untern ofnen Ende B, steht sie in dem mit Queckſilber angefüllten Gefässe C D. Steht nun das Queckſilber in der Röhre bei M, so ist M B die Queckſilbersäule, welche dem Drucke oder der Elasticität der Luft gleich ist. Die Luft drückt blos auf die Oberfläche des Gefässes, und treibt das Queckſilber in der Röhre bis zu M hinauf. Man setzt hierbei voraus, daß in dem obern Raum zwischen M und A, sich keine Luft befinde. Dieser Raum heißt die Torricellische Leere. Wäre aber in demselben Luft, so würde sie

sich

sich zusammenziehen, wenn das Queckſilber im Barometer ſteigt, und ſich ausdehnen, wenn es fiel. Im erſten Fall alſo dem Queckſilber entgegenwirken, und im letzten daſſelbe tiefer herunterdrücken. Ein Barometer dieſer Art würde alſo den Stand des Queckſilbers nie genau angeben. Geſetzt auch, die Leere wäre wirklich da, ſo kommt noch ein anderer Umſtand bei dieſer Einrichtung in Betracht, nemlich dieſer: ſo bald das Queckſilber in der Röhre anfängt zu fallen, ſo ſteigt es in dem Gefäſſe, worinn dieſe Röhre mit dem ofnen Ende ſteht; mithin ſteigt das Queckſilber in dem Gefäſſe. Umgekehrt fällt es, wenn das Queckſilber in der Röhre, ſteigt. Folglich hat dieſes Barometer keinen feſten oder unveränderlichen Punkt, von dem man anzuzählen anfängt. Dies bringt ſchon einen Fehler in dem Stande hervor, und dieſer Fehler wird ſich vergrößern, je kleiner das Gefäß in Hinſicht der Röhre wird. Hält das Gefäß 4 Zoll in der Weite, und die Röhre 1 Zoll, ſo verhält ſich das Steigen in den beiden Röhren, wie 16 : 1; oder fällt das Queckſilber in der Röhre um einen Zoll, ſo ſteigt es im Gefäſſe um $\frac{1}{16}$ Zoll. Alſo müßte man von der gefundenen Höhe noch $\frac{1}{16}$ Zoll abziehen, oder auch zulegen, wenn das Queckſilber um 1 Zoll geſtiegen wäre. Sieht man auf dieſe Correction nicht, ſo verurſachte dies ſchon einen merklichen Fehler bei einer genauen Beobachtung. Will man dieſen Fehler ſo klein als möglich machen, ſo muß man dem Gefäſſe eine große Weite geben. Verhielten

ſich

sich die beiden Durchmesser wie 12 : 1; so würde in dem Gefässe nur eine Veränderung von $\frac{1}{144}$ Zoll vorgehen, falls das Barometer um einen Zoll stieg oder fiel. Thut man dieses nicht, so fällt der Nutzen dieses Instrument für genaue Beobachtungen weg.

236.

Bald nach der Erfindung dieses Werkzeuges, gab man demselben eine Einrichtung wie die Fig. 51 zeigt. Man krümmte nehmlich die Röhre so, daß sie aus einem langen und kurzen Schenkel bestand. Beide Schenkel waren von gleicher Weite. Diese Einrichtung, welche ohnstreitig die beste ist, ward in unsern Zeiten wieder durch den Herrn de Luc, hervorgesucht, und zu genauen Beobachtungen benutzt. Fällt das Queckfilber in dem einen Schenkel der gekrümmten Röhre bis E, so steigt es um eben so viel in dem kürzern, und zwar bis F. Wir wollen mal annehmen, das Queckfilber in dem langen Schenkel stehe bei D, in dem kürzern aber bei G, so ist die ganze Höhe des Queckfilbers D H. Fällt nun das Queckfilber in dem langen Schenkel bis E, so steigt es in dem kurzen bis F, und die eigentliche Höhe des Queckfilbers ist I E, welche von der vorigen Höhe um D E + F G verschieden ist. Da aber D E = F G, so fällt oder steigt das Queckfilber in dem langen Schenkel beständig um die halbe Höhe. Was den Maßstab betrift, den man bei diesem Barometer gebraucht, so giebt man beiden Schenkeln eine Scale, und die Summe beider Höhen, ist der

ganzen

ganzen Höhe des Barometers gleich. Doch läßt sich auch die Höhe des Standes durch eine Scale bestimmen, wenn man diese nemlich auf die Art an den Schenkel anbringt, daß man aus der Mitte desselben auf- und herunterwärts an zu zählen fängt. In die Mitte des Schenkels setze man Null, und ist der Schenkel lang genug, so trage man über und unter Null 16 Zoll; beobachte alsdann den Stand des Queckſilbers in beiden Schenkeln, so giebt die Summe ebenfalls, wie bei der ersten Einrichtung, die ganze Höhe.

237.

Um den Raum, durch welchen das Queckſilber im Barometer steigt und fällt, größer zu machen, als bei dem gewöhnlichen Fig. 50 und 51, Tab. IV, verfiel Morland, auf folgende Einrichtung. Er bog die grade Röhre A B bei A (Fig. 52, Tab. IV) schief, so daß A C mit A B den stumpfen Winkel C A B bildete. Wenn nun das Queckſilber in der graden Röhre um den Raum F G stieg oder fiel, so stieg oder fiel es in der schiefgebogenen Röhre um den Raum H E, der beträchtlich größer ist, als F G. Da aber die Queckſilberflächen bei E und D in der schiefen Röhre A C, nie recht wagrecht stehen, so läßt sich eben dadurch die senkrechte Höhe des Queckſilbers im Barometer nicht genau angeben, und aus dem Grunde ist dieser Barometer noch weniger zu empfehlen, als der zuerst beschriebene.

238.

238.

Im Jahre 1665 erfand Dr. Hook sein Radbarometer, welches wir im ersten Theile dieses Bandes (§ 94) kurz beschrieben haben. Hier ist die Einrichtung desselben nach der Figur. Es besteht aus einem langen und kurzen Schenkel, grade so, wie ein Heberbarometer. In dem kleinen schwimmt auf der Oberfläche des Queckſilbers ein eisernes Gewichtchen D, (Fig. 53) das an einem über die Rolle L geführten Faden, durch das am andern Ende hängende Gegenwicht E, fast, jedoch nicht völlig getragen wird. Beim Auf- und Absteigen der Queckſilberfläche steigt und sinkt das Gewicht D, dreht die Rolle L und den an ihrer Axe steckenden Zeiger F G, der auf einem getheilten Cirkel, die Grade des Steigens und Fallens angiebt. Wegen des Reibens, das an der Axe der Rolle entsteht, ist dieses Instrument zu genauen Beobachtungen gar nicht brauchbar.

239.

Es giebt noch viele andere Einrichtungen von Barometern, die mehr oder weniger fehlerhaft sind, und in deren Construction wir uns hier nicht einlassen können. Von allen bleibt das erste, oder das Torricellische, und das verbesserte de Lucsche, noch immer das beste. Die Scale an beiden Röhren, müssen so genau als möglich in Zoll und Linien eingetheilt werden, und um auch noch die Linie einzutheilen, so verbindet man die Scale noch mit einer beweglichen, die

bekanntlich unter dem Namen eines Nonius oder Vernier vorkommt.

A B (Fig. 54) sei eine Barometerröhre, und das Queckſilber in derſelben ſtehe bis C. F G H sei die dazugehörige Scale, in Zoll und Linien (10 Linien = 1 Zolle) eingetheilt. d e sei ein Stück Meßing oder Elfenbein, das ſich längs der Scale F G H auf- und herunterſchieben läßt. Auf dieſe bewegliche Scale trage man eine Linie d e die $\frac{1}{10}$ Linie von der Scale F G begreift, und theile dieſen Raum in 10 gleiche Theile, ſo iſt der Nonius eingerichtet, und ein Theil deſſelben iſt um $\frac{1}{10}$ größer als $\frac{1}{10}$ der Scale F G. Da nun ein Zehntel der Scale F G einer Linie gleich iſt, ſo läßt ſich die Barometerhöhe bei einer ſolchen Vorrichtung bis auf ein Zehntel einer Linie angeben. Man bringe zu dem Ende den Zeiger des Nonius bis an die Oberfläche des Queckſilbers in der Barometerröhre; ſehe alsdann zu, wo eine Abtheilung des Nonius mit einer Abtheilung der Scale F G, in eine grade Linie zuſammentrift. Die Zahl, die bei der Eintheilung des Nonius ſteht, giebt die Zehntel von einer Linie an.

In unſerer Figur ſteht der Zeiger des Nonius auf 28 Zoll 7 Lin., und um noch einen beträchtlichen Theil höher; oder der Zeiger ſteht zwiſchen der 7ten und 8ten Linie der Scale F G. Bei der achten Abtheilung des Nonius fallen die Abtheilungen beider Scalen zuſammen; alſo beträgt die Höhe 28 Zoll 7, 8 Linien.

240.

Bald nach der Entdeckung des Barometers, bemerkte man den Einfluß, den die Wärme und Kälte auf den Stand des Barometers hatte, und daß bei genauen Beobachtungen nothwendig auf diesen Einfluß Rücksicht genommen werden müsse. Zu dem Ende verband man das Barometer mit einem Wärmemesser (Thermometer) um den jedesmaligen Grad der Temperatur anzugeben, bei welcher Höhe das Barometer stand. Herr de Luc hat ein Thermometer mit einer bequemen Scale angegeben, nach welcher die Höhe auf eine leichte Art verbessert werden kann. Von diesem Thermometer und dessen Eintheilung sehe man den ersten Theil dieses Bandes (§ 98). Ueberdieß haben wir in eben diesem Theile, die ganze Lehre von dem Thermometer zweckmäßig abgehandelt, und brauchen hierüber also nichts weiter zu erinnern. Siehe 3ter Band 1ster Theil, von S. 15 bis 23.

## Gebrauch des Barometers beim Höhemessen.

241.

Gleich nach der Erfindung des Barometers verfiel man darauf, mittelst desselben, solche Höhen von Gegenständen zu messen, welche die Geometrie nicht so genau anzugeben im Stande ist. Bei der letzten Methode kommt besonders die Berechnung der Licht-

strahlen

strahlen vor, welche bei irdischen Gegenständen, den Winkel unter welchen man denselben sieht, nicht genau angiebt. Mit dem Barometer trift man näher zu; und daher ist dieses Werkzeug zu diesem Zwecke brauchbarer, als das beste geometrische Werkzeug. Man stellte hierüber verschiedene Beobachtungen an, die diesen Satz hinlänglich bestätigten.

242.

Mariotte, ein französischer Naturforscher aus dem 17ten Jahrhundert, entdeckte das Gesetz, daß der Druck der Luft allemal der Höhe des Queckfilbers proportional ist. Und eben dieser Gelehrter fand, daß wenn man sich etwa 63 Pariser Fuß in die Höhe begab, das Queckfilber im Barometer, um eine Linie niedriger stand, als unten. Bei dieser Beobachtung ließ dieser verdienstvolle Mann, einige Umstände auffer Acht, die auf den Stand des Barometers einen Einfluß hatten, und so fanden den neuere Naturkündiger, daß diese Veränderung von einer Linie im Stande des Barometers, etwa auf 80 Pariser Fuß zutraf. Allein, man sieht leicht, daß die Veränderung bei der zweiten Schichte von 80 Fuß Höhe, im Barometerstande, keine Linie ausmachen kann, weil die Luft, wie wir vorhin bewiesen haben, ein elastischer Körper ist, und aus diesem Grunde bei der zweiten Höhe nicht mehr so dicht sein kann, als bei der ersten. Dies geht nun so fort bis an die äusserste Gränze der Atmosphäre.

243.

243.

Nimmt man überhaupt an, daß die Luft von unten bis oben eine gleiche Temperatur habe, und daß alle Ursachen, welche auf die Dichtigkeit und die Elasticität Einfluß haben, bei Seite gesetzt werden können, so läßt sich mathematisch darthun, daß die Höhen des Queckſilbers im Barometer, welche dem Drucke der Luft proportional ſind, in geometriſcher Progreſſion abnehmen, wenn die Höhen von unten auf, in arithmetiſcher Progreſſion zunehmen.

Es ſei z. B. die Barometerhöhe an einem Orte 28 Zoll, oder 336 Linien, und man müſſe 80 Fuß in die Höhe ſteigen, damit das Barometer um eine Linie falle, oder 335 Linien hoch ſtehe, ſo wird jedesmal, daß man um 80 Fuß ſich erhebt, die Barometerhöhe in dem Verhältniſſe von 336 : 335 abnehmen. Nimmt man aber für eine Linie Veränderung im Barometerſtande 75 Fuß, ſo müßte man die Höhe des Standorts, nach 75 Fuß, ſtatt 80, berechnen.

244.

Auf den obigen Satz gründet ſich indeſſen folgende allgemeine Regel zur Beſtimmung der Höhen mittelſt des Barometers:

Man ſuche die Differenz der Logarithmen der Barometerhöhen an zwei Stationen, multiplicire ſie mit der

Zahl

Zahl 10,000, so hat man die Höhe der einen Station über der andern in französischen ehemaligen Toisen.

Gesetzt, am Fusse eines Berges fände man die Barometerhöhe = 28 Zoll 2 Lin. = 338 Linien; auf der Spitze des Berges zu eben der Zeit, = 25 Zoll 4 Lin. = 304 Lin. so ist

Log. 338‴ = 2,5289167
' 304‴ = 2,4828736

Unterschied = 0,0460431

10000

460,43110000 Toisen =
2762,586 Franz. Fuß.

Diese Höhe würde genau zutreffen, wenn obiger Satz ganz seine Richtigkeit hätte; allein da die Temperatur der Luft, wie schon oben bemerkt worden ist, auf den Stand des Barometers so merklichen Einfluß hat, so hat Herr de Luc gefunden, daß obige Regel nur eintrift, wenn die Wärme der Luft $16\frac{3}{4}$ Grad über Null nach dem Reaum. Thermometer ist. Für jeden Grad, den das Thermometer über $16\frac{3}{4}$ Grad zeigt, muß die Höhe um $\frac{1}{215}$ der gefundenen Höhe vergrössert werden. Bei jeder Barometerhöhe muß also beständig auf den Stand des Thermometers Acht gegeben werden. Von beiden wird das arithmetische Mittel genommen, und darnach die Höhe verbessert.

Die

## Die Luftpumpe.

245.

Nachdem Torricelli das Barometer erfunden, und sich durch dieses Werkzeug ein luftleerer Raum machen liesse, so fing man an, durch einzelne Veränderungen, die man mit dem obern Theil, der Torricellischen Leere, dieses Werkzeuges vornahm, verschiedene Versuche im luftleeren Raume anzustellen. Die Art selbst, wodurch dieses geschah, war aber sehr unbequem und mühsam. Allein um das Jahr 1650, erfand Otto von Guericke, churbrandenburgischer Rath, und Bürgermeister zu Magdeburg, eine eigene weit bequemere Maschine zur Verdünnung der Luft in verschlossenen Gefässen. Im Wesentlichen besteht dieses Instrument aus folgenden Theilen.

246.

1) Aus einem metallenen gut polirten Cylinder. 2) Aus einem Stempel, der genau in die Höhlung des Cylinders paßt, und vermittelst einer Handhabe oder Kürbel, hin und her bewegt werden kann. 3) Aus einem metallenen Teller, der in der Mitte durchbohrt, und mittelst einer Röhre mit dem Cylinder verbunden ist. 4) Aus einer gläsernen Glocke, der Recipient genannt, welcher auf den Teller gestellt wird. Bei einer guten Luftpumpe muß der Teller so bearbeitet sein, daß er die Glocke, ohne nasses Leder, halten kann, wenn die Luft unter derselben ausgepumpt wird. Will aber die Glocke nicht

auf

auf dem Teller stehen, so muß ein nasses Leder unter: gelegt werden. Die Gemeinschaft zwischen dem Re: cipienten und dem Cylinder, läßt sich, entweder mit: telst eines Hahns, der mit einer doppelten Oefnung versehen ist, durch dessen verschiedene Drehung die Gemeinschaft zwischen dem Cylinder und dem Reci: pienten, oder zwischen dem Cylinder und der äussern Luft erhalten oder gehoben werden kann, bewerkstelli: gen; oder statt des Hahns durch zwei Ventile, deren eins an dem Boden des Cylinders so angebracht ist, daß es den Ausgang der Luft aus dem Recipienten in dem Cylinder gestattet; das andere ist an der Oefnung des Stempels, damit die Luft aus dem Cy: linder in die Atmosphäre übergehen könne.

So war etwa dieses Instrument in seinem ersten Zustande beschaffen, und Otto Guericke stellte im Jahre 1654, mit diesem Werkzeuge zu Regensburg vor dem Kaiser und vielen Reichsfürsten, allerlei Versuche an, die damals sehr auffallend gewesen sein müssen, weil so wenig von der Eigenschaft der Luft bekannt war.

247.

Nach dem Tode von Guericke, bemühete man sich dem Werkzeuge eine bessere und bequemere Einrich: tung zu geben, worin sich in Deutschland besonders der Leipziger Mechaniker Leupold hervorthat. Ab: bildungen giebt er davon in seinem Maschinen: Thea: ter. In der Folge haben Engländer und Franzosen

noch

noch mehr zur Verbesserung der Luftpumpe beigetragen. Eine vollständige Beschreibung der Smeatonischen Lumpe findet man in Herrn Hofrath Kästners mathematischen Aufangsgründen, 2ter Th. Aerometrie, und vom verstorbenen Hofrath Lichtenberg, in Erxleben Naturlehre, 5te und 6te Auflage.

248.

Die Versuche, welche mit der Luftpumpe angestellt werden können, findet man in vielen, besonders physikalischen Büchern beschrieben, und würde überflüßig sein, selbige hier zu wiederholen. Es läßt sich vermittelst dieses Werkzeuges, sehr leicht zeigen, daß das Queckſilber im Barometer blos von dem Drucke der Luft gehalten werde, und eben so das Wasser in den Saugepumpen. Denn man braucht nur eine Röhre mit Queckſilber in Verbindung mit dem Recipienten zu bringen, und so wie dieser letzterer von Luft leer gemacht wird, so fällt das Queckſilber in der Röhre. Wird aber der Recipient wieder mit Luft angefüllt, so steigt alsobald das Queckſilber in der Röhre. Je tiefer das Queckſilber heruntergeht, desto vollkommner ist das Werkzeug. Ein artiger Versuch ist auch dieser:

Man bringe an eine Glocke eine Vorrichtung an, wodurch man einen schweren und leichten Körper zugleich herunterfallen lasse; macht man den Recipienten sodann luftleer, so fallen beide Körper in gleicher Zeit herunter. Dieser Versuch beweißt also, daß

leichtere Körper nur durch den Widerstand der Luft langsamer zur Erde fallen, als schwerere. Pumpt man ferner aus ein paar metallenen Hohlkugeln, die übrigens genau aufeinander passen müssen, die Luft aus, so erfordern diese eine beträchtliche Kraft, die sich nach ihren Durchmessern richtet, um sie von einander zureissen. Läßt man aber durch Drehung eines Hahns, der sich in der Röhre der einen Halbkugel befindet, Luft herein, so fallen beide Halbkugeln, so zu reden, von selbst voneinander.

Guericke stellte diesen Versuch mit Kugeln an, die eine magdeburger Elle im Durchmesser hatten. Auf eine Fläche von diesem Durchmesser, drückt die Luft, bei 28 Zoll Barometerhöhe, mit einer Kraft von 5133 Pfunden.

## Gewicht der Luft.

249.

Man nehme eine Kugel, oder irgend ein anderes Gefäß, aus welchem die Luft, durch eine gute Luftpumpe, fast ganz leer gemacht werden kann, und wiege dieses, indem es mit Luft angefüllet ist, an einer genauen Wage ab. Jetzt pumpe man das Gefäß aus, und wiege es zum zweitenmale, so giebt der Unterschied des Gewichts, die Schwere oder das Gewicht der Luft für den bestimmten Raum des Gefässes an. So fand Wolf das Gewicht von einem Kubicfusse Luft 585 Gran Apotheker-Gewicht. Hieraus läßt sich

sich dann leicht die eigenthümliche Schwere der Luft finden. Die neuesten Versuche, die in dieser Rücksicht mit vieler Vorsicht von verschiedenen Naturkündigern angestellet worden sind, geben die eigenthümliche Schwere der Luft zu dem Wasser, wie 800 : 1, an. Es versteht sich, daß hier die Rede von der Luft ist, die sich in der Gegend von der Oberfläche der Erde befinde. Denn die Luft in den höheren Gegenden der Atmosphäre wiegt weniger, als die auf der Oberfläche der Erde. Nimmt man diese eigenthümliche Schwere der Luft an, und rechnet den Hamburger Kubicfuß Wasser zu 49 ℔ Hamburger Gewicht, so wiegt ein Kubicfuß Luft kaum $\frac{1}{16}$ ℔, oder 2 Loth.

## 250.

Schon aus dem vorigen ist bekannt, daß die Luft in Ansehung ihrer Dichtigkeit eine merkliche Abnahme durch die Wärme und die Kälte leidet. Hier wirkt Schwere und Elasticität der Luft zusammen. Um diese Zu- oder Abnahme der Luft zu finden, schlug Guericke eine Kugel vor, die entweder mit der Luftpumpe, oder durchs Feuer Luftleer gemacht worden. Diese Kugel brachte er durch ein Gewicht an einer genauen Wage im Gleichgewicht. Dieses verändert sich, sobald die, der Kugel umgebende Luft, dichter oder dünner wird. Im ersten Fall geht die Kugel in die Höhe, und im zweiten, herunter. Denn sie treibt im letztern Fall mehr Luft aus der Stelle, als

im erstern. Dieses Werkzeug gab man den Namen, Manometer.

Hieraus erhellet auch, daß Körper von gleicher Schwere, doch nicht von einerlei Gewicht sind. Z. B. 1 ℔ Blei und 1 ℔ Federn; 1 ℔ Gold und 1 ℔ Eisen. Das schwerere Metall treibt weniger Luft aus der Stelle, als das leichtere, verliert daher weniger von seinem Gewicht als der leichtere Körper. Man nehme z. B. eine Waare an, von welcher ein Cubicfuß 700 ℔ wiegt. Von diesem geht ein Gewicht von 2 Loth ab, denn so viel wiegt, wie wir vorhin gefunden haben, ein Cubicfuß Luft. Eine andere Waare von eben der Schwere, treibt 4 Cubicfuß Luft aus der Stelle, so geht dem Gewichte nach etwa 8 Loth ab; also wiegt der letztere Körper wirklich nur $699\frac{3}{4}$ ℔, und der erste 699 ℔ und 30 Lothe. Auf der Wage scheinen sie einander gleich zu wägen, welches aber im eigentlichen Verstande doch nicht ist. Bei kostbaren Sachen, z. B. bei Edelsteinen, Perlen, Gold u. s. w. kann dieser Unterschied in der Luftmasse, doch schon etwas ausmachen.

251.

Keine Luftpumpe, sie mag auch noch so genau verfertiget sein als sie wolle, kann einen vollkommnen luftleeren Raum hervorbringen; ja nicht so vollkommen als der Raum ist, welcher sich über dem Queckssilber im Barometer befindet. Denn dieser ist beinahe ganz leer, wenn nur das Queckssilber in der

Röhre

Röhre ausgekocht ist. Bei der Luftpumpe treten verschiedene Umstände ein, die verhindern, daß kein luftleerer Raum entstehen kann. Dahin gehört 1) das Ausleeren des Recipienten selbst. Ist der Recipient und der Cylinder der Luftpumpe gleich groß, so nimmt die Luft nach folgender geometrischer Reihe ab: $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$ u. s. w. Das ist so zu verstehen: nach dem ersten Zuge ist noch die Hälfte, nach dem zweiten $\frac{1}{4}$, nach dem dritten $\frac{1}{8}$ u. s. w. von der Luft übrig, die zuerst unter dem Recipienten war. Es bleibt also immer noch etwas übrig, und wenn man noch so vielmal die Luft wegnimmt. Dies beweißt auch ganz klar das Barometer, welches mit der Campane in Verbindung steht. 2) Hat die Luftpumpe Ventile, so muß, wie Professor Büsch in seiner Aerometrie richtig bemerkt, die aus dem Recipienten sich wegdrängende Luft diese heben, um in den Cylinder zu treten. Das aber kann sie nicht mehr, wenn sie schon sehr verdünnet ist. Hat die Pumpe Hähne, so ist allemal ein kleiner Raum da, in welchen bei Umdrehung des Hahns die äussere Luft sich hineinzieht, und, wenn wieder gedrehet wird, in den Recipienten tritt. 3) Je mehr die Luft verdünnet wird, desto mehr vermag die Kraft der natürlichen Luft, mit welchen sie wieder in den leeren Raum einzudringen sucht. Es ist also das die Probe einer guten Luftpumpe, daß, wenn sie so weit ausgeleeret ist, als die Maschine es leisten kann, und dann ruhig gelassen wird; in mehreren Tagen

keine

keine Luft wieder in dieselbe eindringt, welches man durch ein an derselben angebrachtes Barometer erforschet. Der Raum in der Campane wird alsdann mit einem besondern Hahn abgeschlossen; aber dazu gehört viel, die Kolben der Pumpe so fest schliessend zu machen, daß nicht bei den letzten Zügen, die äussere Luft neben denselben zu der so sehr verdünnten Luft in dem Cylinder wieder sich einschleiche, da dann kein Pumpen weiter hilft.

## Der Schall.

### 252.

Wenn wir einen elastischen Körper, etwa eine Seite von einem musikalischen Instrumente mit der Hand in Bewegung setzen, so empfinden wir eine zitternde Bewegung, und das Ohr hört etwas, was wir einen Ton, auch wohl, wenn er stark genug ist, einen Schall nennen. Ueber die Entstehung des Schalls wollen wir uns hier nicht einlassen, sondern uns blos mit der Fortpflanzung desselben, beschäftigen. Diese erfordert in den meisten Fällen einen elastischen Körper, wozu denn die Luft vorzüglich geschickt ist. Denn im luftleeren Raum hört man keinen Schall; auch auf hohen Bergen, wo die Luft sehr dünne ist, hört man den Schall sehr schwach. Je dichter aber die Luft ist, und jemehr sie erwärmt und dabei eingeschlossen ist, desto stärker wird der Schall.

253.

Es ist aber begreiflich, daß, wenn der Schall durch einen weiten Raum zum Ohr kommen soll, dazu eine gewisse Zeit nöthig ist. Hierüber hat man schon viele Versuche angestellet, die alle denn beweisen, daß man im Durchschnitte annehmen kann, daß der Schall sich in der Gegend von der Oberfläche der Erde, etwa durch einen Raum von 1000 bis 1050 Fuß, in einer Seceunde bewege. Der Wind führt den Schall zwar weiter, aber zu seiner Geschwindigkeit trägt er nichts bei. Aus der Bewegung, oder vielmehr Fortpflanzung des Schalls, kann man die Entfernung des einen Orts von dem andern schätzen, wenn man nemlich an dem einen Ort ein Geschütz abbrennt, und die Zwischenzeit zwischen dem Lichte und dem Schall, zählt. Denn die Geschwindigkeit des Lichts ist bei solchen Entfernungen, wie wir zu dem Versuche auf der Erde annehmen, augenblicklich. Für jede Secunde Zwischenzeit kann man alsdann bequem 1000 Fuß rechnen. Zählt man z. B. zwischen Blitz und Donner 5 Secunden, so ist die Gewitterwolke noch 5000 Fuß von uns entfernt.

254.

Aus der Fortpflanzung des Schalls, läßt sich auch einen Schluß auf den Wiederhall oder Echo machen. Der Wiederhall entsteht, wenn der Schall gegen einen harten Körper geworfen, und von demselben wieder zurückgeworfen wird. Dazu gehört

aber

aber eine gewisse Zeit, daß die Seele die deutliche Empfindung von dem zurückgekommenen Schall erhalte. Ist diese Zeit gar zu klein, so ist die Empfindung undeutlich. Diese Zeit setzt man wenigsten auf $\frac{1}{15}$ einer Secunde, welches eine Entfernung von 100 oder 105 Fuß giebt. Allein wenn der Körper eine Entfernung hat, die halb so groß ist, so braucht der Schall auf sein Hin- und Hergehen eine Zeit von $\frac{1}{10}$tel einer Secunde. Soll also eine deutliche Empfindung von einem Wiederhalle entstehen, so kann die Entfernung nicht viel kleiner sein als 50 bis 53 Fuß. Je größer die Entfernung des Orts, desto deutlicher kommt der Schall zurück, und so ereignet es sich zuweilen, daß ein viersilbiges Wort ganz deutlich wieder zurückkommen kann.

255.

Auf das Zurückwerfen des Schalls gründet sich auch die Anlegung der Sprachgewölbe, besonders wenn die Figur derselben nach gewissen krummen Linien construirt worden ist. Besteht die Figur aus einer Parabel, so gehen die Schallstralen, wenn sie aus dem Brennpunkte dieser Linie kommen, parallel mit der Axe fort. Also hört man in einem solchen Raum am weitsten.

Daher giebt man den Sprach- und Hörröhren die Gestalt einer Parabel. Ist die Figur eine Ellipse, und der Schall geht aus dem einen Brennpunkt heraus, so hört man ihn sehr deutlich in dem andern Brennpunkt dieser krummen Linie, wenn man

auch

auch noch so sachte aus dem ersten Punkte heraus-spricht. In den übrigen Theil des Raums hört man fast gar nichts, oder wenigstens nichts deutlich. Die Lehre vom Schalle findet besonders ihre Anwendung in der Musik. Hierüber sehe man unter andern Büschs Aerometrie vom Schalle, von Seite 192 bis 206. Wie der Schall auf unsere Ohren wirkt, und was für Organe dabei am thätigsten sind, den Schall fortzupflanzen, und der Seele eine deutliche Empfindung beizubringen, gehört in die Naturlehre.

256.

Jede Bewegung, die in der Luft entsteht, setzt voraus, daß die Luft ihr Gleichgewicht verlohren habe; ist dieses, so bringt die Luft eine Bewegung hervor, die wir den Wind nennen. Wärme und Kälte, Vermehrung und Verminderung der Schwere, oder Elasticität der Luft, können leicht das Gleichgewicht der Luft zerstöhren, und daher die Ursache von der Entstehung der Winde sein. Die meisten Winde, wehen, den Beobachtungen zufolge, horizontal, oder weichen doch nicht viel von dieser Richtung ab. Es können aber doch Luftströhme unter allerlei Richtungen entstehen, die vielleicht von mehr als einer Ursache abhängen. Durch fleißige Beobachtungen muß man dereu Richtungen herauszubringen suchen, welches bisher wenig oder gar nicht geschehen ist. Am besten und sichersten würde man diese, in großen Höhen, mit unsern Luftbällen machen können.

257.

257.

In unsern Gegenden wehen gewöhnlich veränderliche Winde; in andern sind sie mehr das ganze Jahr hindurch beständig; und an noch andern sind sie periodisch. Zu diesen letztern gehören die Passatwinde oder Monsoons, die im indischen Meere fast beständig, nur mit veränderter Richtung, wehen. Die beständigen Winde wehen gleichförmig und gelind; ihre Geschwindigkeit beträgt nicht über 10—15 Fuß in einer Secunde. Die unbeständigen hingegen sind geschwinder und heftiger. Bei einer Geschwindigkeit zwischen 40 und 60 Fuß in einer Secunde, führen sie den Namen der Stürme, und die noch geschwinder wehen, heißen Orkane.

258.

Die Geschwindigkeit und die Stärke des Windes, wovon wir unten mehr sprechen werden, wird mit einem eigenen Werkzeuge, das unter dem Namen eines Windmessers, Anemometer, bekannt ist, gemessen. Man hat deren sehr viele, die aber bei weitem keine Gnüge leisten. Unter allen Einrichtungen verdient die, welche von dem Herrn Director und Wasserbaumeister Woltmann in Cuxhaven herrührt, einen Vorzug vor allen übrigen. Die Einrichtung und den Gebrauch dieses vortreflichen Werkzeuges, mit dem zugleich auch ein Strommesser verbunden ist, beschreibt Herr Woltmann in folgender Schrift:

Theorie und Gebrauch des Hydrometischen Flügels, oder zuverlässige Methode, die Geschwindigkeit der Winde und strömenden Gewässer zu beobachten. Hamburg, 1790.

## Die Windbüchse.

259.

Dieses Werkzeug gründet sich auf die Verdichtung der Luft, und ist wahrscheinlich gleich nach der Erfindung der Luftpumpe, erfunden worden. Vermittelst eines starken metallenen Gefässes, der Windkammer, wird die Luft sehr verdichtet. Diese Kammer ist in dem Schwanzstücke des Laufes angebracht, und wird von diesem durch ein Ventil getrennt, welches durch einen ähnlichen Drucker, wie bei den Feuerschlössern, geöfnet wird, aber nur so lange offen bleibt, bis so viel Luft herausfährt, als hinlänglich ist, die Luft fortzutreiben.

Vermöge dieser Einrichtung kann man mehr als einmal aus einer Windbüchse schießen. Von diesem Werkzeuge giebt es zweierlei Arten.

1) Windbüchsen mit einem Laufe, die ihre Windkammer im Schafte haben. Diese kann man vom Laufe abschrauben, und statt dessen, eine Druckpumpe anschrauben, wodurch die Luft verdichtet wird.

2) Windbüchsen mit einem doppelten cylindrischen Laufe, die in einander stecken, wobei der Raum zwischen den beiden Läufen zur Windkammer dienet.

Bei

Bei dieser Einrichtung ist die Druckpumpe im Schafte angebracht.

Der verstorbene Herr Hofrath Karsten findet, bei einem Laufe von 4 Fuß lang, und bei einer 100 maligen Verdichtung der äußern Luft, und wenn der Raum, welche die verdichte Luft enthält, 2 Zoll ist, daß eine solche Windbüchse, eine bleierne Kugel von $\frac{3}{8}$ Zoll im Durchmesser, nach Abzuge des Widerstandes der Atmosphäre, mit einer Geschwindigkeit von 628 Fuß in einer Secunde, aus dem Laufe herausführt.

## Die Luftballons.

260.

Die Kenntniß der verschiedenen Luftarten, und deren Eigenschaften und Kennzeichen wodurch sie sich von einander unterscheiden, haben wir im ersten Theile dieses Bandes, von Seite 35 bis 48 erläutert, und besonders der Eigenschaft erwähnet, wodurch sich dieses Gas, dessen man sich zum Anfüllen der Luftbälle bedienet, (65) von den übrigen auszeichnet. Hier wollen wir den mathematischen Theil noch hinzufügen, um den Leser in den Stand zu setzen, ein richtiges Urtheil, über den Bau dieser Maschinen, den dazugehörigen Füllungs-Apparat u. s. w. zu fällen. Kommt die Sache auch gegenwärtig nicht mehr so viel vor, als vor 8 und 10 Jahren, so lohnt es sich doch der Mühe, sich von dieser,

dem

dem Menschen so viel Ehre machenden Erfindung, einen richtigen Begrif zu machen. Ohnstreitig geschieht dies am besten, wenn man das ganze Verfahren auf eine kurze und faßliche Art, seinen Lesern, zu erklären sucht.

261.

Die große Erfindung der ärostatischen Maschinen, der Luftbälle, ward im August 1782 von zwei Brüdern, Stephan und Joseph Montgolfier, Papierfabrikanten zu Annonay in Vivarois, gemacht. Es gelang dem ältern Montgolfier, im November 1782 zu Avignon, ein hohles Parallelepipedum von Taffet, von 40 Kubicschuhen Inhalt, nachdem es innwendig durch brennendes Papier erhitzt worden war, an die Decke des Zimmers steigen zu sehen. Nicht lange hernach, verfertigten sie eine Maschine, welche 35 Schuh im Durchmesser hielt, 450 Pfund wog, und noch über 400 Pfund Last mit sich aufhob, und ließen dieselbe am 5ten Junius 1783 zu Annonay in die Luft steigen, in welcher sie in weniger als 10 Minuten eine Höhe von 1000 Toisen erreichte, und 7200 Schuh weit von dem Orte des Aufsteigens niederfiel.

262.

In der Folge verfertigte Charles, Prof. der Physik zu Paris, mit Hülfe der Gebrüder Robert, eine Kugel von Taffet, mit Firniß von elastischem Harz überzogen, welche mit Wasserstoffgas (brennbarer Luft) aus Eisen und Vitriolöl gefüllt, und den

27sten

27sten August 1783, im Camp de Mars, in die Luft aufgelassen wurde. Ihr Durchmesser war 12 Fuß 2 Zoll; sie wog 25 Pfund, stieg in 2 Minuten auf einer Höhe von 488 Toisen, verschwand in den Wolken, und fiel nach $\frac{3}{4}$ Stunden, 5 Stunden weit von Paris, sehr sanft nieder. In der Folge sind an vielen Orten, und fast in allen europäischen Ländern, häufige Versuche mit diesen Maschinen angestellet worden. Ja die Franzosen haben sie sogar mit dem glücklichen Erfolg, im Kriege gebraucht. Die ersten, welche mit einer Luftmaschine in die Höhe stiegen, waren die Herren Pilatre de Rozier (der im Jahre 1785 das Unglück hatte, nicht weit von Boulogne, aus der Luft herabzustürzen, und von dem Fall zerschmettert wurde) und der Marquis d'Arlandes. Dieses geschah den 21sten November 1783 zu Paris. Herr Blanchard, und Dr. Jefferies, ein Amerikaner, wagten es über den Kanal zwischen Frankreich und England, zugehen, welche Ueberfahrt auch in einer Zeit von 2 Stunden 32 Minuten, glücklich zurückgelegt wurde.

263.

Aus der Hydrostatik (185) ist bekannt, daß jeder Körper, in einer flüßigen Materie, so viel von seinem Gewichte verliert, als der flüßige Körper wiegt, dessen Raum er einnimmt. Feste Körper müssen daher, wie wir in der Hydrostatik gezeigt haben, in den flüßigen Körpern in die Höhe steigen,

wenn

wenn sie weniger wiegen, als der flüßige Körper, welcher von ihnen aus der Stelle getrieben wird. Hierbei kommt es denn auf zweierlei Dinge an. Erstlich auf den festen Körper, den man aufsteigen lassen will, und zweitens auf die leichte flüßige Materie, mit welcher man den Körper anzufüllen gedenkt. Zu dem festen Körper nimmt man gewöhnlich eine biegsame Hülle, und zu der flüßigen Materie muß man eine solche wählen, die eine geringe Schwere, aber eine eben so große Elásticität besitzt, als die gemeine Luft. Erhitzte oder verdünnte Luft so wohl als die brennbare Luft, besitzen bekanntlich diese Eigenschaft. Von der Wärme wird die Luft in einen größern Raum ausgedehnt, d. h. specifisch-elastischer gemacht; bei einer Wärme von 160 Grad nach Fahrenheit, dehnt sich die Luft um ein Drittel ihres gewöhnlichen Raumes aus. Die brennbare Luft, oder das Wasserstofgas, mit vorzüglicher Sorgfalt bereitet, und gereiniget, ist 13mal leichter als die gemeine Luft; wird sie aber nach der gemeinen Methode bereitet, so kann man sie nur 5 — 7mal leichter annehmen.

264.

Will man nun bestimmen, ob ein solcher Körper, der mit einer von diesen Materien angefüllet wird, in die Höhe steige, so berechne man erstlich den Raum des Körpers, multiplicire diesen 2) mit dem Gewichte von einem Kubicfusse atmosphärischer Luft, so hat man den Raum von Luft, welchen der Körper aus

dem

dem Wege treiben muß, um in die Höhe steigen zu können. Dazu kommt aber noch 3) das Gewicht der Hülle, und 4) das Gewicht des flüßigen Stofs, mit welcher der Körper angefüllet werden soll, wovon ebenfalls das Gewicht von einem Kubicfusse bekannt sein muß, welches sich leicht ergiebt, wenn man den Kubicfuß atmosphärischer Luft mit der eigenthümlichen Schwere der andern Luftart, dividirt. Beträgt dies letztere Gewicht weniger als das erste, so steigt der Körper mit dem Ueberschusse in die Höhe.

265.

Man nehme z. B. eine Kugel von Taffet an, die einen Durchmesser von 4 Fuß hat, so ist der körperliche Inhalt derselben, nach bekannten geometrischen Gründen (Geom. 189), beinahe $33\frac{1}{2}$ Kubicfuß. Wiegt der Kubicfuß Luft etwa 2 Loth, so nimmt die Kugel einen Raum von Luft ein, deren Gewicht 67 Loth beträgt. Dividirt man dieses gefundene Gewicht mit dem Verhältnisse der eigenthümlichen Schwere von der brennbaren Luft, so erhält man das Gewicht von dieser Gasart für den Raum der Kugel.

Es sei die Luft 6mal leichter als die atmosphärische, so ist das Gewicht derselben $= \frac{67}{6} = 11\frac{1}{6}$ Loth.

Das Gewicht des Taffet läßt sich finden, wenn das Gewicht von dem Quadratschuhe desselben mit dem Firniß belegt, bekannt ist. Man schätzt von diesem

Stoffe

Stoffe, den Quadratfuß auf $1\frac{1}{2}$ Loth; und die Oberfläche von unserer Kugel beträgt nach (Geom. § 187) $50\frac{24}{100}$ Quadratfuß, mithin das Gewicht 75 Loth. Addirt man zu diesem das vorhingefundene Gewicht der brennbarer Luft, so ist die Summe 86 Loth, welches 19 Loth mehr beträgt, als das Gewicht der atmosphärischen Luft in der Kugel; mithin wird unser Ballon nicht unter diesen Umständen, in die Höhe steigen können. Würde man aber der Kugel einen Durchmesser von 5 Fuß geben, so wäre die letztere Kugel in dem Verhältnisse von 64 : 125 größer, als die erstere, und die Kugel würde alsdann mit einer Kraft von 1 Pfund und 3 Unzen aufsteigen. Eine ähnliche Berechnung von einer Kugel haben wir schon in der Hydrostatik (§ 195) gemacht.

266.

Bei kleinern Ballons muß man also nicht die Hülle von Taffet, sondern von einer mehr leichtern Materie bereiten; und dazu ist die Goldschlägerhaut die bequemste; auch kann man sich zu eben dem Zwecke des Schafhäutchen (amnium) bedienen. Die beste Gestalt, welche man den Ballons geben kann, ist die Kugelgestalt. Diese muß man aber aus ebenen Stücken (Segmenten) zusammenzusetzen verstehen, weil sie sonst schwerlich eine Kugel bilden würden. Zu dem Ende berechne man den Umfang des größten Kreises der Kugel aus dem bekannten Durchmesser derselben. Den vierten Theil des Umfangs gebe man jedem Segment zur halben Höhe;

die Breite des Segments ergiebt sich, wenn man den Umfang der Kugel durch die Anzahl der Stücke dividirt. Die halbe Höhe des Segments theile man in 18 gleiche Theile, wodurch jeder Theil eine Größe von 5 Grad erhält. Aus der halben Breite ergiebt sich nun durch die Multiplication mit dem Cosinus des Bogens, die Parallellinien oder die halben Ordinaten, und durch die Endpunkte jeder Linie läßt sich aus freier Hand die krumme Linie des Segments ziehen. Beim Zuschneiden wird ringsum die Patrone ein $\frac{1}{2}$ Zoll breiter Rand für die Näthe gelassen.

Beispiel. Man will eine Kugel aus 12 Stücken zusammensetzen, und der Durchmesser der Kugel sei 6 Fuß; so ist der Umfang des größten Kreises der Kugel = 6. 3, 14 = 18, 84 Fuß; mithin die Breite eines Stücks $= \frac{18,\ 84}{12} = 1,\ 57$ Fuß. Multiplicirt man diese mit dem Cosinus von 5 Gr. = 0, 99619, so erhält man die Größe der Linie für 5 Gr. Abstand von der Mittellinie der Kugel. Diese Linie ist = 0, 782 Fuß. Eben so verfährt man auch mit allen übrigen Stücken. Die halbe Höhe dieses Stücks beträgt $= \frac{18,\ 84}{4} = 4,$ 71 Fuß, die man in 18 gleiche Theile eintheilen muß.

267.

Den Ballons aus Taffet, gebe man einen Firniß von trockenem Leinöl mit Vogelleim abgekocht, und mit Terpentingeist vermischt. Mit diesem Firniß wird das Seidenzeug auf beiden Seiten überstrichen, und die Näthe 2 bis 3mal.

Um die Maschinen zu füllen, so rechnet man auf einen Pariser Kubicfuß Wasserstofgas, 6 Unzen Eisenspäne, 6 Unzen Vitriolöl und 30 Unzen Wasser; hieraus läßt sich leicht die Menge der Materialien zum Füllen der Maschine berechnen.

Ueber die Einrichtung der Luftbälle empfehlen wir folgende Bücher nachzulesen.

Geschichte der Aerostatik, historisch, physisch und mathematisch ausgeführt von Kramp, erster und zweiter Theil. Strasburg, 1784 und 1785.

Tit. Cavallo Geschichte und Praxis der Aerostatik, aus dem Englischen. Leipzig, 1785.

Gehlers physikalisches Wörterbuch.

# Fünfter Abschnitt.

## Die practische oder technische Mechanik.

### 268.

Denjenigen drei Wissenschaften, die wir in den vorigen Abschnitten, nach unserm einmal angenommenen Zwecke, erläutert haben, sollte der Ordnung nach, die Hydraulik, oder die Lehre von der Bewegung des Wassers, folgen. Allein, da die Lehre von der Bewegung und deren Anwendung sich auf alle Arten von Maschinen erstreckt, so haben wir geglaubt, unter diesen Abschnitt, bei den bewegenden Kräften überhaupt, auch diejenigen hydraulischen Lehren, da einschalten zu können, wo uns der Vortrag auf solche Maschinen leitet, die durch Wasser und Luft in Bewegung gesetzt werden. Wir begnügen uns die Resultate, welche die Mathematiker durch verwickelte Rechnungen herausgebracht, und auf die Bewegung aller Arten von Maschinen angewendet haben, blos herzusetzen und durch Beispiele zu erklären, ohne daß wir uns in die Erklärung der Rechnung selbst einlassen. Diejenigen, die den Grund davon einsehen wollen, müssen mehr als die Anfangsgründe der reinen Mathematik verstehen, und unserm Plane gemäß, können wir über diese Gränze hinaus, nicht weiter gehen. Das erste wird also sein, daß wir unsere Leser mit den Kräften, die zur Bewegung der

verschiedenen Maschinen erforderlich sind, und wirklich angewandt werden, bekannt zu machen suchen; und hierauf die Maschinen selbst und deren Zweck, auf eine faßliche Art, erläutern.

269.

Die Kräfte, wodurch die Maschinen bewegt werden, sind entweder belebte, oder leblose. Unter jene begreift man die Kräfte der Menschen und der Thiere; unter diese aber alle flüßige Körper überhaupt, nemlich das Wasser, die Luft, das Feuer oder vielmehr die Dämpfe, worinn der flüßig-tropfbare Körper, durch die Wirkung des Feuers, übergeht; dann die federartigen oder elastischen Körpern, und hierauf diejenigen Maschinen, die durch Gewichte und Federkraft in Bewegung gesetzt werden.

270.

Bei den Menschen und den Thieren kommen vorzüglich die Wirkungen der Muskeln auf die Knochen vor, wodurch mancherlei Bewegungen in andern Körpern hervorgebracht werden. Die Muskeln, welche den Fuß und die Beine starr halten und bewegen, tragen nicht nur das ganze Gewicht des Menschen, sondern müssen dieses auch in die Höhe heben, indem sich der Mensch auf die Zähen aufrichtet. In dieser Stellung kann mancher Mensch, ausser dem Gewichte seines Körpers, noch oft eine Last von 100 bis 150 Pfund tragen. Nach Borelli müssen die Knorpeln und Muskeln des Rückgrades bei einer Last

von

von 120 Pfunden, eine Gewalt von 25585 Pfund anwenden. Ferner muß man bei der Beurtheilung der Kraft eines Menschen auf sein Gewicht Acht geben.

Man schlage dieses, nach Langsdorf, auf 120 bis 150 Pfund an.

271.

Ganz anders fällt auch die Wirkung des Menschen aus, wenn er mit aufrechtstehendem Körper, horizontal ziehen soll. In dieser Lage kommt die Stärke seiner Muskeln wenig in Betracht, auch sein Gewicht hilft ihm wenig. Die Erfahrung beweiset, daß ein starker Mensch in dieser Stellung, und bei horizontaler Richtung des Zugs, etwa 24 bis 25 Pfund, nimmermehr aber 30 Pfund gradeauf in die Höhe ziehen könne. Mit Drücken kann der Mensch in dieser Stellung noch weniger ausrichten. Daher ist die Kraft bei der Umdrehung der Kürbel so ungleich. Wenn ein Mensch die Kürbel an sich zieht, so kann er viel Kraft anwenden, stößt er sie aber von sich, so hat er fast gar keine. Doch kommt hierbei viel auf die Lage der Kürbel an, und diese muß jedesmal niedriger liegen, als seine Schultern. Wenn die Arme eines Menschen einen Winkel von 60 Grad machen, so wirkt er hier mit einer Gewalt von 27 Pfund.

272.

In Frankreich hat man starke Männer, wie Prof. Büsch in seiner Mechanik anführt, ein Gewicht

von

25 Pfunden, das an einem horizontalliegenden Seil befindlich war, ziehen lassen, und eine Geschwindigkeit von 6000 Pfund in einer Stunde herausgebracht. Dies giebt noch keine Geschwindigkeit von 2 Fuß für eine Secunde. Indessen eignet man doch einem Menschen eine so große Geschwindigkeit zu, wenn er an einer Kürbel arbeitet; allein man giebt ihm alsdann nur eine Kraft von 20 ℔. Multiplicirt man die Kraft mit der Geschwindigkeit, so hat man das Moment der Wirkung, welches einerlei sein muß mit dem Moment der Last. Man kann dem Menschen mehr Kraft beilegen, so bald er nur ein gewisses Gewicht halten soll. Mittelst seines Gewichts ist der mechanische Effect oder das Moment = 240 bis 337 ℔; im erstern Fall ist dieses Moment aufs höchste 50 ℔; also über viermal geringer.

273.

Mit den Pferden hat man ähnliche Versuche angestellt, als mit dem Menschen, um den Effect des Pferdes herauszubringen. Man hat nemlich gefunden, daß ein Pferd bei einem horizontalen Zuge, ein Gewicht von 175 ℔ mit einer Geschwindigkeit von 10800 Fuß in einer Stunde ziehen kann. Dies giebt eine Geschwindigkeit von 3 Fuß in einer Secunde, mit einer Kraft, die siebenmal größer ist als die Kraft eines Menschen. Gewöhnlich eignet man aber dem Pferde, bei einem horizontalen Zuge, eine Geschwindigkeit von 4 Fuß in einer Secunde zu.

Mul:

Multiplicirt man diese Geschwindigkeit mit 175 ℔, als der Kraft, so entsteht das Moment eines Pferdes, welches horizontal zieht. Dieses beträgt demnach 700 ℔. Dividirt man dieses mit dem Moment eines Menschen, so erhält man den Effect des Menschen, gegen den, des Pferdes. Dieses beträgt bei dem Pferde 14mal mehr als bei dem Menschen. Wirkt aber das Pferd durch sein Gewicht, so fällt das Moment zwischen 2250 und 3612 ℔; also 3 und 5mal mehr, als wenn dasselbe durch seine Muskeln auf eine Last, nach horizontaler Richtung, zieht.

Anmerkung. Der Herr Rath und Professor Langsdorf theilt in seiner Maschinen-Lehre, über die Kräfte der Thiere, noch folgendes mit:

Das Gewicht eines Esels giebt er auf 220 bis 300 ℔ Nürnb. G. an.

| | | | |
|---|---|---|---|
| ; | Maulthiers . | 450 ; | 600 ; |
| ; | Ochsens . . | 500 ; | 800 ; |
| eines deutschen | Pferdes . . | 600 ; | 850 ; |

Die Nerven- oder Muskelkraft bei einer anhaltenden vortheilhaften Benutzung, schätzt derselbe, bei

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| einem Esel auf | . . | 35 | bis 40 | ℔ |
| ; Maulthiere | . . | 80 ; | 120 ; | |
| ; Ochsen | . . . | 200 ; | 250 ; | und |
| ; Pferde | . . . | 180 ; | 240 ; | |

Bei einer vortheilhaften Belastung der Thiere, ist die Geschwindigkeit derselben auf einen Esel, für eine Secunde, 2 bis $2\frac{1}{2}$ Fuß,

auf

auf einen Ochsen . . . 1$\frac{1}{2}$ bis 1$\frac{3}{4}$ Fuß.
auf ein Maulthier . . . 3 ; 3$\frac{1}{2}$ ;
auf ein Pferd . . . 3$\frac{3}{4}$ ; 4$\frac{1}{4}$ ;

Die Zeit der Ausdaurung mit dieser Kraft und Geschwindigkeit, setzt Herr Langsdorf auf 10 bis 12 Stunden.

Dies gilt auch für den Menschen, wenn man seine Kraft und Geschwindigkeit so groß annimmt als wir sie im vorigen § angegeben haben.

Hieraus folgt nun das Moment oder der mechanische Effect der Thiere, wenn man nemlich ihre Kräfte mit der Geschwindigkeit multiplicirt.

| | Muskularkraft. | | Gewichtskraft. | |
|---|---|---|---|---|
| Moment eines Menschen | 50 bis | 81 | 240 bis | 337 |
| . . . Esels | 72 ; | 90 | 440 ; | 750 |
| . . . Maulth. | 240 ; | 420 | 1350 ; | 2100 |
| . . . Ochsen | 266 ; | 437 | 666 ; | 1400 |
| . . . Pferdes | 675 ; | 1020 | 2250 ; | 3612 |

274.

Die Pferde werden vorzüglich bei den sogenannten Roßmühlen gebraucht, und zwar mit vielem Vortheile, wenn sie an einen langen Hebel ziehen. Denn je größer der Cirkel ist, den sie im Ziehen beschreiben, mit destomehr Kraft wirken sie auf die Maschine. Ziehen sie hingegen an einen kleinen Halbmesser, so ist ihre Kraft nicht nur geringer, sondern sie können diese Arbeit auch nicht lange genug aushalten, und zwar aus dem Grunde, weil sie ihren langen Körper

bei einem kleinen Cirkel weit öfterer biegen müssen, als bei einem größern Cirkel. Man sollte daher keine Roßmühle anlegen, falls das Pferd nicht einen Kreis von 32 bis 36 Fuß beschreibe. Zuweilen verstattet dieses der Raum nicht; ist dieses, so muß man suchen für das Pferd einen geräumigeren Platz, ausserhalb der Maschine, aufzufinden.

Zum Tragen sind die Pferde bei weitem nicht so geschickt als zum Ziehen; und vergleicht man in diesem Falle die Kraft des Pferdes mit der, des Menschen, so kann man sie kaum in dem Verhältnisse von 1 zu 2 setzen, und in manchen Fällen, kann ein starker Mensch wohl eben so viel tragen als ein Pferd. Auch der Ochs zieht mehr als das Pferd, nur nicht so geschwinde; daher ist auch sein mechanischer Effect kleiner.

## 275.

Wir kommen nun zur Untersuchung der leblosen Kräfte, und unter diesen finden wir das Wasser vor allen übrigen am wirksamsten, zugleich auch am wohlfeilsten. Es wirkt bei den Maschinen, die es bewegen soll, theils durch sein Gewicht, nemlich durch Druck, theils durch den Stoß, das heißt, durch seine Geschwindigkeit. Diese Wirkung des Wassers gehörig zu erklären, müssen wir uns vorher mit einzelnen Sätzen, welche die Lehren von der Bewegung des Wassers enthalten, bekannt machen. Dazu verschaft uns eine Wissenschaft, welche den Namen der Hydraulik

draulik führt. Verschiedene Sätze, die zu dieser Wissenschaft gehören, haben wir schon in der Hydrostatik und Aerometrie angeführet; wir werden hier aber Gelegenheit haben, diese Sätze etwas weiter auszuführen, und unsere Leser näher mit ihrer Anwendung bekannt zu machen.

276.

Flüßige Körper bewegen sich im freien Zustande ganz anders als feste Körper; ihre Theile hängen viel zu schwach zusammen, als daß sie sich nicht von der Masse losreissen, und für sich bewegen sollten; sie sind auch viel zu glatt, als daß sie nicht bei der kleinsten Neigung der Fläche, worauf sie sich bewegen, den niedrigsten Ort suchen sollten. Ist aber der flüßige Körper in Gefäßen oder Kanälen eingeschlossen, so wird freilich die Losreissung der Theile von der Masse durch diese verhindert, aber man darf doch nur einen Theil dieser Masse einen Weg zur Bewegung eröfnen, so erfolgt schon dieselbe. Diese eingeschlossene flüßige Masse ist in Hinsicht der Bewegung eben so gut wie die festen Körper der Schwere unterworfen. Also erhält der flüßige Körper eine Geschwindigkeit, die von der Höhe des flüßigen Körpers im Gefäße, abhängt; und je tiefer ein Theil des flüßigen Körpers sich unter seiner Oberfläche losreißt, desto geschwinder wird er sich fortbewegen.

277.

Es sei A B C D (Fig. 54) ein Gefäß mit Wasser angefüllet, welches im Boden C D eine kleine

Oefnung

Oefnung FE hat, so fließt aus derselben das Wasser mit einer Geschwindigkeit heraus, die gleich der Höhe des Gefäßes ist, wenn man darauf sieht, daß das Gefäß beständig von Wasser angefüllet ist. Oder die Geschwindigkeit des flüßigen Körpers kommt mit der Geschwindigkeit eines festen überein, welcher von einer Höhe heruntergefallen ist, die mit der Höhe des Gefäßes übereinkömmt. Die flüßigen Körper fallen also wie die festen, durch Räume, die sich wie die Quadrate der Zeiten verhalten (1ste Abth. § 17), und ihre zunehmende Geschwindigkeiten müssen sich also wie die Zeiten verhalten. Denn bei einerlei Höhe und gleicher Oefnung fließt aus einem Gefäße in 2 Minuten noch mal so viel Wasser als in einer Minute.

Daraus folgt aber auch, daß die Geschwindigkeiten für jeden Zeitraum, sich wie die Quadratwurzeln aus den Räumen verhalte. Ist er die Räume 1, 4, 9, 16, 25 u. s. w. durchgefallen, so verhalten sich die Geschwindigkeiten, wie die Zahlen 1, 2, 3, 4, 5 u. s. w. welche die Quadratwurzeln aus den ersten Zahlen sind. Und eben so verhalten sich auch die Zeiten.

278.

Alle diese Sätze haben wir in der ersten Abtheilung dieses Bandes bei der Bewegung fester Körper, die durch die Schwere hervorgebracht wird, unserm Zwecke nach, bewiesen, und durch allgemeine Ausdrücke angegeben. Ist die Oefnung EF klein genug,

die

die wir in dem Gefäße A B C D angenommen haben, so wird die Oberfläche des Wassers im Gefäße, beim Niedersinken, fast ganz parallel mit A B bleiben; nur in der Gegend der Oefnung, wird das Wasser eine trichterförmige Gestalt annehmen. Es wird sich hier, wegen der zur Seite andrängenden Wassertheile, verengen, und indem es durch die Oefnung durchgegangen ist, wieder auszubreiten suchen. Dieser Fall ereignet sich auch, wenn das Wasser seitwärts aus der Röhre herausspringt. Allein so wie es aus der Seitenöfnung herauskömmt, und nicht nach dieser Richtung auf einer horizontalen Ebene mit der erhaltenen Geschwindigkeit fortfließen kann, sondern die Schwere auf ihn würkt, so beschreibt das Wasser eine krumme Linie, welche in der Geometrie den Namen der Parabel führt. Die größte Weite, zu welcher das Wasser seitwärts herausspringt, ist, wenn die Höhe des Wassers, der halben Höhe des Gefäßes gleich ist. H Fig. 55 sei dieser Punkt im Gefäße, so stellt die Linie D I, den weit möglichsten Wurf vor. Alle andere, die über oder unter H, in gleichgrosser Entfernung herausspringen, beschreiben gleiche Weiten.

279.

Indessen kann man die Geschwindigkeit, welche das Wasser bei der Oefnung E hat, so ansehen, daß es mit der dazugehörigen Höhe B E völlig übereinstimmt, und in diesem Augenblick wird sich durch diese kleine Oefnung ein Wasserstrahl dringen, der

ent-

entweder einem Prisma oder einem Cylinder gleich ist, dessen Inhalt aus der Fläche der Oefnung multiplicirt mit der Geschwindigkeit besteht. Diese Geschwindigkeit haben wir (1 Abschnitt 19) durch $2 \sqrt{g f}$ angegeben. f stellt hier den Raum, oder die Höhe BE vor, und g wollen wir hier zu 15 Fuß 1 Zoll pariser Maß = 15,625 Rheinl. annehmen, so ist also $2 \sqrt{g f} = 2 \sqrt{BE\, g}$. BE sei = h, so ist $2 \sqrt{g h}$ = der Geschwindigkeit des Wassers bei der Oefnung E des Gefäßes ABCD.

280.

Nun sei die Oefnung eine runde, und der Durchmesser derselben = d = 2 r, und 1 : P drücke das Verhältniß des Durchmessers zur Peripherie (Geomet. 103) aus, so ist die Kreisfläche = $P r^2$; und die Menge des Wassers, = q gesetzt, die in der Zeit t ausfließt = $P r^2 t. 2 \sqrt{g h} = 2 P r^2 t \sqrt{g h}$.

Dieser Ausdruck läßt sich bequem durch die Logarithmen berechnen. Wir wollen hier dasselbe Beispiel hersetzen, das der verstorbene Hofrath Karsten in seiner Hydraulik (2 Abschnitt § 33) gegeben hat. Hier ist r = 1, 5 Linien, t = 1 Minute oder 60 Secunden, g = 15 Fuß 1 Zoll = 2172 Linien, und h = 13 Fuß = 1872 Linien.

Log. h = 1872 L. = 3,2723058
Log. g = 2172 L. = 3,3368598

Log. g h = 6,6091656

Log. $\sqrt{g h}$ = 3,3045828
t = 1,7781513
Log. 2 l r = 0,3521826
Log. P = 0,4971498
Log. 2 = 0,3010300

Log. $2 P r^2 t \sqrt{g h}$ = 6,2330965 = Log. q oder der Menge des Wassers in einer Minute, an Cubiclinien.

Subtrahirt man von diesem Logarithmen, den von $12^3$ = 3,2375436, so bleibt 2,995528 übrig. Die dazugehörige Zahl ist = 989, 81 Cubiczoll für q.

Rechnet man nun 35 Pinten auf einen Cubicfuß, so kommt auf eine Pinte 49, 37 Cubiczoll, (Kruse in seinen Contoristen, giebt die Pinte auf $47\frac{2}{7}$ Cubiczoll an) und für q = 20 Pinten heraus, welches aber nicht mit der Erfahrung übereinkommt.

281.

Die theoretische Rechnung weicht also merklich von der Erfahrung ab. Mariotte stellte hierüber schon im 17ten Jahrhundert sehr merkwürdige und sorgfältige Versuche an, und zeigte, daß durch eine kreisrunde Oefnung von 3 Linien im Durchmesser in einer Minute 14 Pariser Pinten laufen, wenn das

Wasser

Wasser 13 Fuß hoch über der Oefnung steht. Wir haben nach der Theorie 20 Pinten, also 6 Pinten mehr gefunden, als die Erfahrung gegeben hat.

Nimmt man 14 Pinten = 691, 2 Cubiczoll für q an, so läßt sich zu dieser Quantität Wasser auf folgende Weise die Höhe finden, da die Geschwindigkeit gegeben ist.

282.

Man setze, die Geschwindigkeit sei = c; Oefnungs-Inhalt = f, die Zeit = t; so ist die Menge des Wassers

$q = f\,c\,t$. Aber $c = 2\sqrt{g\,h}$, folglich

$q = f\,t\,2\sqrt{g\,h}$. Ferner ergiebt sich aus

$q = f\,c\,t$, die Geschwindigkeit oder $c = \frac{q}{f\,t}$ und

$t = \frac{q}{f\,c}$.

Im ersten Abschnitte (19) dieses Bandes, haben wir die Höhe des fallenden Körpers durch $\frac{c^2}{4g}$ angegeben; setzt man also für c den so eben gefundenen Werth, so ist $\frac{c^2}{4g} = \frac{q^2}{4g\,f^2\,t^2} = h$. Setzt man ferner für $q = 14$ Pinten $= 691$, 2 Cubiczoll. 1728 L. und für f oder die Fläche $= P\,r^2$, so ist

die

die gesuchte Höhe $h = \frac{q^2}{4 g P^2 r^4 t^2} =$

$\frac{(691, 2.\ 1728)^2}{4.\ 15', 1''.\ 12'''.\ P^2\ r^4.\ 60^2}$. Durch die Logarithmen erhält man folgende leichte Auflösung dieser Aufgabe.

Log. g = 3,3368598
Log. 4 tt = 4,1583624
Log. $P^2$ = 0,9942996
Log. $r^4$ = 0,7043652

9,1938870 = Log. $4 g P^2 r^4$ tt.

Dies ist der Logarithmus des Nenners. Eben so verfahre man mit dem Zähler.

Log. 691, 2 = 2,8396037
Log. 1728 = 3,2375437

Log. q = 6,0771474
Log. $q^2$ = 12,1542948 = dem Log. des Zähl.
Davon abgezogen 9,1938870

2,9604078 Mit Log. 144 auf Cubiczolle gebracht.

Log. 144 = 2,1583615

0,8020463 Die dazugehörige Zahl ist 6,3393 = h. Diese sollte nach dem Versuche 13 Fuß sein, also noch nicht einmal die Hälfte.

283.

Der Versuch von Mariotte ist von verschiedenen Mathematikern im vorigen Jahrhundert nachgemacht worden, unter andern von Polem. Dieser ließ das Wasser durch verschiedene Oefnungen laufen oder herausspringen, und fand doch beständig einen merklichen Unterschied zwischen der Theorie und der Erfahrung. Der Versuch kam der Theorie ziemlich nahe, wenn an der Oefnung eine kurze cylindrische Röhre angebracht wurde, durch welche das Wasser ausliefe. Die vornehmste Ursache, daß weit weniger Wasser aus der Seitenöfnung des Gefäßes herausströmt, liegt in dem Zusammenziehen des Wassers durch die kleine Oefnung des Gefäßes. Bossut, der hierüber die besten Versuche angestellet hat, findet, daß durch das Zusammenziehen, der Strahl beinahe nur halb so groß ist, als der Durchmesser der Oefnung. Er fand, daß der Durchmesser des zusammengezogenen Stroms zu dem Durchmesser der Oefnung sich verhalte, wie 3 : 4; oder wie $3\frac{1}{6}$ : 4 = 19 : 24; folglich die Flächen wie 10 : 16. Multiplicirt man demnach die Oefnung des Gefäßes, oder die Fläche desselben mit 10, und dividirt das Produkt durch 16, so erhält man, und durch Hülfe der vorigen Rechnung, beinahe die wahre Menge des ausströmenden Wassers. $P r^2$ war der Flächeninhalt der Oefnung nach der Theorie; folglich $\frac{10}{16} P r^2$.

$Pr^2$ die Fläche für den Cylinderstrom, der aus der Oefnung herausspringt. Hier ist eine kleine Tafel, welche die Versuche des Herrn Bossut enthalten.

284.

| Das Wasser stand über dem Mittelpunkt beständig 11 Fuß 8 Zoll und 10 Linien. | Cubiczolle Wasser für jede Minute, die aus der Oefnung, gehen. |
|---|---|
| 1. Die horizontale Kreisöfnung war 6 Linien im Durchmesser . | 2311 |
| 2. Die horizontale Kreisöfnung war 1 Zoll im Durchmesser . . | 9281 |
| 3. Die horizontale Kreisöfnung war 2 Zoll im Durchmesser . . | 37203 |
| 4. Eine rechteckige horizontale Oefnung von 1 Zoll lang, und 3 L. br. | 2933 |
| 5. Eine quadratische horizontale Oefnung von 1 Zoll lang u. br. | 11817 |
| 6. Eine quadratische horizontale Oefnung von 2 Zoll lang u. br. | 47361 |
| Für eine beständige Höhe von 9 Fuß. | |
| 7. Eine Seiten, Cirkelöfnung von 6 Linien im Durchmesser : | 2018 |
| 8. Eine dito von 1 Zoll im Durchm. | 8135 |
| Für eine beständige Höhe von 4 Fuß. | |
| 9. Eine kreisförmige Seitenöfnung von 6 Linien im Durchmesser | 1353 |
| 10. Eine dito von 1 Zoll im Durchm. | 5436 |
| Für eine beständige Höhe von 7 Linien. | |
| 11. Durch ein kreisförmiges Mundstück von 1 Zoll im Durchmesser | 628 |

285.

Aus dieser Tabelle ergeben sich folgende Resultate.

1) Wasser, von gleicher Höhe, das aus verschiedenen Oefnungen in einerlei Zeit strömt, verhält sich, wie der Flächen-Inhalt dieser Oefnung.

Im 2ten und 3ten Versuche, verhält sich die ausströmende Wassermasse, wie 9281 : 37203, beinahe wie 1 : 4.

2) Die Wassermassen, welche durch gleiche Oefnungen, in gleicher Zeit, aber unter ungleichen Höhen, ausströmen, verhalten sich beinahe, wie die Quadratwurzeln aus ihren correspondirenden Höhen.

Man vergleiche den 8ten und 10ten Versuch der Tabelle. Der erste giebt für 9 Fuß Höhe und 1 Zoll Oefn. 8135 Cubiczoll; der andere giebt für 4 Fuß Höhe und 1 Zoll Oefn. 5436 Cubiczoll. Aber 5436 : 8135 verhält sich beinahe wie $\sqrt{4} : \sqrt{9} = 2 : 3$.

3) Allgemein verhalten sich also die ausströmenden Wassermassen bei ungleichen Oefnungen und Höhen der Gefässe, aber in einerlei Zeit, wie die Produkte der Flächenräume von den Oefnungen multiplicirt mit den Quadratwurzeln der Höhen.

Hieraus

Hieraus fand er auch, daß 4) in Ansehung des Reibens, die kleinsten Oefnungen weniger Wasser als die grossen (sie müssen sich aber ähnlich sein) ergiessen, wenn die Wasserhöhen sich gleich sind, und endlich

5) daß gleich grosse Flächenöfnungen, bei gleicher Höhe, diejenigen, welche den kleinsten Umfang haben, das meiste Wasser geben, und zwar deswegen, weil die Friction kleiner ist. Daher sind alle Kreisöfnungen am vortheilhaftesten.

286.

Aus dem zweiten Satze des vorigen § läßt sich die Wassermenge für jede Höhe berechnen, wenn, nach Mariotte, bei einem Durchmesser von 3 Linien und 13 Fuß Höhe, in einer Minute 14 Pinten Wasser sich ausgiessen. Die Massen verhalten sich wie die Quadratwurzeln aus den Höhen. Für 25 Fuß Höhe wäre demnach die Menge Wasser = 19, 4 Pinten.

Denn $\sqrt{13} : \sqrt{25} = 14$ Pinten : x Pinten, oder

$$13 : \sqrt{25.13} = 14 : x = \frac{\sqrt{25.13.14}}{13} =$$

19, 4 Pinten.

Herr Hofrath Karsten setzt für die Höhe allgemein a; für die Wassermenge = q, so ist für eine Minute

Minute $q = 14 \cdot \sqrt{\frac{a}{13}}$ denn $\sqrt{13} : \sqrt{a} =$ 14 P. : q.

Demnach Log. q = Log. 14 + ½ (Log. a — Log. 13) = Log. 14 + ½ (Log. 13 — Log. a)

Mariotte theilt hierüber folgende Tafel mit.

| Höhe des Wassers über der Oefnung von 3 Linien im Durchmesser. | Menge des in einer Minute auslaufendes Wassers. |
|---|---|
| 6 Fuß. | $9\frac{1}{2}$ Pinten. |
| 9 ; | $11\frac{2}{3}$ ; |
| 13 ; | 14 ; |
| 18 ; | $16\frac{1}{2}$ ; |
| 25 ; | $19\frac{1}{3}$ ; |
| 30 ; | $21\frac{1}{3}\frac{1}{2}$ ; |
| 40 ; | $24\frac{1}{2}$ ; |
| 52 ; | 28 ; |

287.

Bei kreisrunden Oefnungen, verhalten sich die Wassermassen, bei gleichen Höhen, nach 1 im §. 285 wie die Quadrate der Durchmesser dieser Oefnungen. Nach Mariotte giebt eine Höhe von 13 Fuß und 3 Linien im Durchmesser, 14 Pinten Wasser in einer Minute; folglich wird eine Röhre von 6 Linien im Durchmesser 4mal so viel Wasser in eben der Zeit geben.

Allgemein sei der Durchmesser einer Röhre = d, und q die Quantität des Wassers, so ist $3^2 : d^2 =$

14 : q, also $q = \frac{d^2 . 14}{9} = \frac{14}{9} . d^2$. Nach dieser Formel ließ sich eine ähnliche Tafel machen, wie die vorige.

Leupold hat eine solche berechnet.

288.

Folgende Tafel giebt die Menge Wasser an, die in Zeit von einer Minute aus einer Oefnung von 1 Zoll im Durchmesser so wohl nach der Theorie als durch Zusammenziehen, herausfließt.

| Höhe in Füßen über der Oefnung. | Ausströmendes Wasser, durch eine Oefnung von 1 Zoll im Durchmesser. | Ausströmendes Wasser in einer Minute durch eine Röhre von 1 Zoll im Durchmesser, 2 Zoll lang, in Cubiczolle. | Ausströmendes Wasser für eine Minute durch eine einzolliate Oefn. im Durchmesser, bei einem zusammenziehenden Strom |
|---|---|---|---|
| 1 | 4381 | 3539 | 2722 |
| 2 | 6169 | 5002 | 3846 |
| 3 | 7589 | 6126 | 4710 |
| 4 | 8763 | 7070 | 5436 |
| 5 | 9797 | 7900 | 6075 |
| 6 | 10732 | 8654 | 6654 |
| 7 | 11592 | 9340 | 7183 |
| 8 | 12392 | 9975 | 7672 |
| 9 | 13144 | 10579 | 8135 |
| 10 | 13855 | 11151 | 8574 |
| 11 | 14530 | 11693 | 8990 |
| 12 | 15180 | 12205 | 9384 |
| 13 | 15797 | 12699 | 9764 |
| 14 | 16393 | 13197 | 10130 |
| 15 | 16968 | 13620 | 10472 |

An:

Anmerk. Alle diese Maßen sind französisch, und der Fuß besteht bekanntlich aus 144,00 französischen Linien. Will man diese Maßen auf andere bringen, so muß man das Verhältniß der verschiedenen Fußmaßen gegen einander zu vergleichen wissen, welche Verhältnißzahlen man am besten in Krusens Contoristen findet.

289.

Bevor wir weiter zur Untersuchung des bewegten Wassers gehen, müssen wir der verschiedenen Maßen erwähnen, deren man sich zur Ausmessung des Wassers bedienet. Erstlich hat man einen Cylinderfuß, worunter man einen Cylinder versteht, der 1 Fuß im Durchmesser und 1 Fuß lang ist. Dieser Fuß wird in Zolle von einem Cylinderfuße getheilt, die also den 12ten Theil des Cylinderfußes ausmachen. Wenn der Cylinder 1 Fuß im Durchmesser und 1 Fuß hoch ist, so ist der körperliche Inhalt desselben $= \frac{1}{4} P$; (P. bedeutet hier 3, 1 4 14 u. s. w.) der Cubicfuß aber ist = 1, folglich verhält sich der Cubicfuß zum Cylinderfuß, wie $1 : \frac{1}{4} P. = 1 : 0{,}7853$ u. s. w. oder beinahe = 1000 : 785 = 200 : 157; also wie das Quadrat des Durchmessers zum Inhalte des Kreises.

290.

290.

Ein andres Maß ist der Wasserzoll. Hierunter versteht man die Menge Wasser, welche in einer Minute aus einer Oefnung von 1 Zoll im Durchmesser, wovon der obere Rand dieser Oefnung 1 Linie unter Wasser liegt, läuft; der dazu dienet, die Menge des Wassers, welches die Quellen geben, nach Quadratzollen und Linien der Flächen einer Oefnung anzugeben, durch welche in einer bestimmten Zeit eben so viel Wasser laufen würde, als in eben der Zeit aus der Quelle hervorkommt. Bei so kleinen Höhen, wie unter andern diese ist, aber doch eine beträchtliche Oefnung hat, muß man den Mittelpunkt derselben für die Höhe annehmen. Dieser liegt also bei unserm Wasserzoll 7 Linien unter Wasser. Nun wissen wir aus dem (285) daß bei einer Höhe von 13 Fuß und einem Durchmesser von $\frac{1}{4}$ Zoll, in einer Minute 14 Pinten oder Kannen Wasser herauslaufen; folglich werden, wie wir eben daselbst zeigten, für 12 Linien-Oefnung 144 Kannen ausströmen.

Also $\surd$ 13 Fuß. 144 : $\surd$ 7 Linien = 224 Kannen : x oder

$\surd$ 1872 L : $\surd$ 7 L = 224 Kannen : x =

$$\frac{224.\surd 7}{\surd 1872} = \frac{224\surd 7.1872}{1872} = \frac{14\surd 13104}{117}$$

= 13, 7 Kannen. Mariotte fand durch Versuche 13 $\frac{3}{8}$ Kannen Wasser für diese Zeit, welche er, weil

weil es einerlei ist, wie viel man auf einen Zoll rechnet, für 14 Pinten oder Kannen annahm. Giebt also die Quelle in Zeit von einer Minute 14 Pinten Wasser, so kommt diese Menge mit einem Wasserzoll überein.

291.

Noch hat man einen Zoll, den man den Cirkelzoll nennt, und der bei dem Visir: oder Eich-Gefäße vorkommt.

Dieses Instrument dienet dazu, um zu erfahren, wie viel Wasser eine Quelle gebe. Bion beschreibt dieses Werkzeug in seiner mathematischen Werkschule im 3 Cap. des V Buchs S. 216 u. s. w. Das Gefäß besteht aus einem rechtwinkligten Parallepipedum von Kupfer, das 1 Fuß lang, 8 Zoll breit und 8 Zoll hoch ist, doch können auch diese Abmessungen grösser oder kleiner sein, welches zur Sache nichts beiträgt. In der vordern Seite dieses Werkzeugs sind Löcher von 1, $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{4}$ Zoll im Durchmesser eingebohrt, deren Mittelpunkte alle in eine gerade Linie fallen. Der obere Rand der einzolligten Oefnung liegt genau 2 Linien unter dem Rande des Gefäßes, also der Mittelpunkt der Oefnung 8 Linien. Die kleinern Löcher werden von der Grösse gemacht, daß ihre Fläche die Hälfte, oder Viertel eines halben Cirkelzolles faßt. Demnach hält der Durchmesser eines halben Cirkel Zolls $8\frac{1}{2}$ Linie, eines Viertel 6 Linien. Wenn der Durchmesser eines Cirkelzolles 12 Linien hält, so hat er eine Fläche von 113, 04 Q. L. folglich muß der

halbe

halbe Cirkelzoll 56, 52 Quadr. L. groß sein. Der dazu gehörige Durchmesser ist 8, 48 Linien, den Bion für $8\frac{1}{2}$ Linie annimmt. Leupold nennt den zwölften Theil der Fläche eines Cirkelzolls eine Linie, welche also = 3, 463 L. für den Durchmesser giebt. Belidor theilt den Cirkelzoll in 144 Wasserlinien ein; bei ihm ist also eine Wasserlinie so groß als eine Menge Wasser, die in 1 Minute durch eine kreisrunde Oefnung von 1 L. im Durchmesser, läuft. In der Mitte des Gefäßes liegt eine Scheidewand, die doch nicht bis am untern Boden reicht, sondern etwa einen Zoll von demselben entfernt bleibt. Diese Scheidewand ist mit verschiedenen Löchern versehen, damit das Wasser frei durchgehn, und in beiden Abtheilungen des Kastens gleich hoch stehe.

292.

Will man sich nun dieses Werkzeuges bedienen, so stellt man dasselbe unter der Röhre, die aus dem Kasten kommt, worinn das Quellwasser befindlich ist, horizontal hin, und läßt das Eich: Gefäß bis eine Linie vom obern Rande abgerechnet, voll laufen. Hierauf macht man die Oefnung von einem Cirkelzoll auf, und läßt das Wasser hinauslaufen. Bleibt nun während des Versuchs, das Wasser in dem Instrumente eben so hoch stehen als vorhin, so beweißt dieses, daß eben so viel Wasser herausläuft als die Quelle in den Kasten hineinbringt. Wenn die Quelle stärker läuft, muß man mehrere Oefnungen offen machen. Aus dem vorigen ist bekannt, daß 14 Kannen oder

Pin:

Pinten, für eine Oefnung von einem Zoll in einer Minute giebt; also in einer Stunde 840 Kannen. Aus der Zahl der Kannen, die herausfließen, läßt sich nun leicht die Grösse oder Zufluß des Wassers berechnen. Denn 14 Kannen geben 1 Zoll, was geben x Kannen; also x Zoll. Ist $x = 20$; so ist

$$\text{die Oefnung} = \frac{20}{14} = 1\tfrac{3}{7} \text{ Zoll.}$$

Oder nach Beidor 1 Zoll $61\frac{5}{7}$ Wasserlinien, und umgekehrt; wenn der Zufluß bekannt ist, die Größe der Oefnung finden. Die Tiefe sei 13 Fuß und der Zufluß ist 64 Zoll; auf eben der Tiefe, für 3 Zoll Oefnung, gehört 1 Zoll Zufluß, wie wir eben gezeigt haben. Hier rechnet man demnach so:

1 Zoll : 64 Zoll = (¼ Zoll)$^2$ : Quadrate des

$$\text{Durchmessers der Oefnung. Dieser ist} = \frac{64}{16} = 4$$

Zoll = der Flächen-Oefnung, mithin muß der Durchmesser = 2 Zoll lang sein.

293.

Wir haben bisher die Bewegungen des Wassers untersucht, die entsteht, wenn aus beständig voll gehaltenen Gefäßen, das Wasser entweder aus dem Boden, oder aus der Seite durch eine kleine runde Oefnung herausströmt. Das Wasser behielt unter dieser

Vor-

Vorausſetzung dieſelbe Geſchwindigkeit; allein dieſes findet nicht Statt, ſo bald das Gefäß ſich nicht wieder anfüllet. Hier muß ſich die Geſchwindigkeit des flüßigen Körpers mit der Abnahme der Höhe ändern, und beſtändig abnehmen, oder ſich langſamer bewegen, je niedriger das Waſſer im Gefäße wird. Wir wollen hier nur einzelne Reſultate anführen, welche die Mathematiker, theils durch höhere Rechnung, theils durch Verſuche, über ſolche Gefäße, die völlig auslaufen, angeſtellet haben, und dem Leſer, durch eine leichte Rechnung verſtändlich zu machen ſuchen. Eine genaue Theorie darüber giebt Karſten, in ſeinem Lehrbegrif, Käſtner in ſeiner Hydrodinamik, Langsdorf in ſeiner Maſchinenlehre, und unter dem fremden zeichnet ſich beſonders Prony, Boſſuet u. a. m. aus. Auch Belidor muß man benutzen.

294.

Von einem prismatiſchen oder cylindriſchen Gefäße A B C D (Fig. 56) iſt die Höhe A B und der Durchmeſſer B C, nebſt der Größe der Oefnung im Boden G H gegeben; man ſoll die Zeit finden, binnen ein gegebener Theil A E F D des Gefäßes ausgeleeret wird. Herr Hofrath Karſten, giebt im 59 § des IV Abſchn. ſeiner Hydraulik, folgende Auflöſung : $t = \frac{BC}{GH\sqrt{g}}\sqrt{a} - \frac{BC}{GH\sqrt{g}}\sqrt{x}$

t bedeutet die Zeit, in welcher es geſchieht; g = 15 Fuß

Fuß 1 Zoll Pariser M. a = AB = der Höhe des Gefäßes und BE = x. Wenn x = o ist, so giebt diese Gleichung die Zeit der völligen Ausleerung, die T heissen mag; demnach ist $T = \frac{BC}{GH\sqrt{g}}$.

$\sqrt{a}$; mithin muß $t = T - \frac{BC}{GH\sqrt{g}} . \sqrt{x}$ sein.

Während dieser Zeit t leert sich das Stück AEFD aus.

Zieht man von T, t ab, so folgt aus der vorigen Gleichung $T - t = \frac{BC}{GH\sqrt{g}} . \sqrt{x}$. Der Unterschied giebt also die Zeit, worin der noch übrige Raum BEFC ausläuft.

Quadrirt man obige Gleichung, so ist $(T - t)^2 = \frac{BC^2}{g.GH^2} x$; und BE ist also der Zeit proportional, worinn der Rest BEFC ausläuft. Ist die Horizontalfläche des Wassers in MN, wenn noch eine Minute, bis zur Ausleerung des Kastens, übrig ist, so muß eben diese Fläche 2 Minuten vorher in OP gewesen sein, so daß BO = 4 BM ist. Ist QB = 9MB, so stand das Wasser 3 Minuten vorher in QR. Also BM, MO, OQ u. s. w. wachsen, wie die ungraden Zahlen 1, 3, 5 u. s. w.

Wird

Wird die Seite eines Cylinders oder Kastens nach diesen ungraden Zahlen eingetheilt, so hat man eine sogenannte Wasseruhr.

Steht das Wasser in M N, eine Stunde vor dem völligen Auslaufen, so steht es 2 Stunden vorher in O P, 3 Stunden vorher in O R u. s. w. Sollte die Uhr 12 Stunden laufen, so muß man für T = 12 Stunden setzen, und man hat 12 = $\frac{BC}{GH\sqrt{g}}$. $\sqrt{a}$; $\sqrt{a}$ also = $\frac{12\,GH\sqrt{G}}{BC}$ oder allgemeiner $\sqrt{a} = T. \frac{GH\sqrt{g}}{BC}$ = a = $T.^2 \frac{GH.^2 g}{BC^2}$. Die 12te Stunde ist also 1 : $12^2$ = 1 : 144; oder macht den 144sten Theil von a = A B aus; für die zweite Stunde ist das Verhältniß des Theils zum Ganzen, wie $2^2$ : $12^2$ = 4 : 144 = 1 : 36 oder macht den 36sten Theil von a; für 3 Stunden = $\frac{1}{6}$ a für 4 Stunden den $\frac{1}{9}$ a u. s. w.

Auf diese Weise läßt sich die Seite des Gefäßes, nach den Stunden, genau genug eintheilen.

295.

Die im vorigen § angeführten und aus Karstens Lehrbegriff entlehnten Formeln, wollen wir in diesem durch Beispiele zu erläutern suchen.

Die

Die Höhe des Gefäßes sei 40 Zoll = a = AB; B C oder der Querschnitt des Cylinders sei = 225mal größer als der Querschnitt G H, und g = 15 Fuß 1 Zoll; so ist

$$T = \frac{225 \text{ Zoll}}{1 . \sqrt{181}} . \sqrt{40}.$$

Diese Formel läßt sich bequem mit Logarithmen auflösen.

Denn Log. 225 = 2,3521825

Dav. geht ab Log. $\sqrt{181}$ = 1,1288393

Bleibt übrig 1,2233432

Dazu $\sqrt{40}$ = 0,8010300

Log. 2,0243732

An Zeit = 105,772 Secunden.

In dieser Zeit läuft das ganze Gefäß aus.

Nun sei BE = x = 25″; so ist $t = \frac{225}{1 \sqrt{181}}$

$$\sqrt{40} - \frac{225}{1 \sqrt{181}} . \sqrt{25} = 105{,}772 \text{ Sec.}$$

— 83,643 = 22,129 Secunden; also wird der noch übrige Raum des Gefäßes in 83,643 Secunden auslaufen.

Aber wegen des Zusammenziehens des Wassers kommt diese Zeit nicht mit der Erfahrung überein. Man muß also den Querschnitt der Röhre, noch nach dem

dem obigen Verhältnisse (283) verbessern; folglich wird die Zeit etwas länger dauren.

296.

Aus (282) erhellet, daß $q = f\,t\,2\sqrt{a\,g}$; denn das dortige h ist hier $= a$; folglich ist $t = \frac{q}{f\,2\sqrt{a\,g}} = \frac{q}{2\,f\sqrt{a\,g}}$. Ist q die Menge Wasser, welche das Gefäß enthält $= AB.\,BC$, so ist, $f = GH$ und $a = AB$. Dies giebt

$$t = \frac{AB.\,BC}{2\,GH.\sqrt{AB}.\sqrt{g}}, \text{ oder } t = \frac{BC}{2\,GH\sqrt{g}}\sqrt{a}.$$

Diese letztere Formel ist die Hälfte von $T = \frac{BC}{GH\sqrt{g}}.\sqrt{a}$ (294); also ist $T = 2t$. Die erste Formel $\left(t = \frac{q}{2\,f.\sqrt{a\,g}}\right)$ gilt für ein Gefäß das beständig voll bleibt, und sie giebt die Zeit an, in welcher so viel Wasser ausläuft, als das Gefäß in sich faßt. Die letzte Formel für $t = \frac{BC}{2\,GH\sqrt{g}}.\sqrt{a}$ giebt die Zeit an, in welchem ein Gefäß ganz ausläuft, das keinen Zufluß hat; also ist diese Zeit nochmal so lang als die, welche für das beständig voll gehaltene Gefäß gilt. Also in dem letztern läuft in

einer Minute nochmal so viel Wasser, als in dem Gefäße, ohne Zufluß, aus.

Aus der mitgetheilten Formel für t, ergiebt sich a oder die Höhe des Gefäßes, wenn die Zeit, die Querschnitte des Kastens und der Ausgußröhre, bekannt ist.

$$\text{Denn } a = \sqrt{\left(\frac{2t\,GH\sqrt{g}}{BC}\right)}$$

Eben so findet man den Querschnitt der Ausgußröhre, wenn die Höhe und Breite des Gefäßes, wie auch die Zeit, gegeben ist. Denn $GH = \frac{BC}{2t\sqrt{g}}\sqrt{a}$.

## Etwas von der Bewegung des Wassers in den Flüssen und Kanälen.

### 297.

Wasser, das sich in Kanälen bewegt, fließt aus der einen Seitenöfnung desselben, grade so heraus, wie es aus der Seitenöfnung eines Gefäßes herausströmt. Die Kanäle haben die Gestalt eines Parallelepipedums, das senkrecht auf einem horizontalen Boden steht. Macht man parallele Querschnitte in diesen, so wird, wenn das Wasser mit gleicher Geschwindigkeit fortfließt, die Oberfläche des Wassers in allen diesen Schnitten, parallel mit dem Boden des

Kanals

Kanals fortgehen. Dies ist aber nicht der Fall mit dem Wasser, das sich in Flüssen bewegt. Das Bett der Flüsse kann nicht so eben als der Boden eines Kanals sein. Daher ist auch die Geschwindigkeit des Wassers in den Flüssen so sehr verschieden. Wegen der Höhe des Wasserstandes, muß das untere Wasser sich am geschwindesten bewegen; besonders geschieht dies im Anfange. Durch eben dieses zu Voreilen des untern Wassers, wird das Bett des Flusses niedriger, und das obere Wasser bewegt sich aus dem Grunde längs einer schiefen Fläche, wodurch es aber an Geschwindigkeit zunimmt, und sich so der Geschwindigkeit des untern Wassers nähert. Dazu kommt noch, daß je weiter der Fluß sich von seiner Quelle entfernt, desto mehr nimmt die Tiefe ab, und desto mehr nähern sich die Geschwindigkeiten des Wassers, so wohl oben als unten. Das untere Wasser, wegen seines größern Drucks von oben, hölt den Boden aus, macht ihn uneben, führt Schlamm und Sand mit sich fort, wodurch eine Reibung entsteht; und alle diese Hinderniße zusammengenommen, verursachen, daß das untere Wasser in seiner Geschwindigkeit abnimmt, und da das obere Wasser mit diesen Schwierigkeiten nichts zu thun hat, so gewinnt es dafür an Geschwindigkeit. Aus dem Grunde nimmt man an, daß die größte Geschwindigkeit eines Flusses etwa in der Mitte seiner Tiefe ist.

298.

Die vorerwähnten Hinderniße, die bei der Bewegung des Wassers in einem Flusse vorkommen, treffen

nicht bei dem Wasser ein, das sich in einem regulären Kanal befindet. Am besten kommt ein solcher Kanal mit einem Mühlengraben überein. Wir wollen also jetzt mal zu bestimmen suchen, wieviel Wasser aus der Mündung eines solchen Kanals herausströmt, wenn derselbe von der entgegengesetzten Seite einen beständigen Zufluß hat.

C E B G sei demnach die Oefnung, durch welche das Wasser aus dem Kanal A D C G B herausfließt, und D A (Fig. 57.) stellt den Durchschnitt des Kanals vor, in welchen das Wasser einströmt. Wasser, das in P und Q, unter der Oberfläche des Wassers im Kanal steht, hat eine Geschwindigkeit, die den Höhen E P und E Q proportional ist, oder diese Geschwindigkeiten verhalten sich wie $\sqrt{EP} : \sqrt{EQ}$. Diese beiden Geschwindigkeiten mögen sich wie die auf E B senkrecht stehenden Linien P M und Q N verhalten; oder $\sqrt{EP} : \sqrt{EQ} = PM : QN$; oder $EP : EQ = PM^2 : QN^2$ sein; so setze für $EP = x$, $PM = y$, $EB = a$ und $BF = c$;

so ist $x : a = y^2 : c^2$ also ist $y^2 = \frac{c^2}{a} . x$.

Oben haben wir $c = 2\sqrt{a g}$ angegeben; folglich ist $c^2 = 4 a g$; also $\frac{c^2}{a} = \frac{4 a g}{a} = 4 g$; und daher $y^2 = 4 g x$. Eine Linie dieser Art, nennt man

man in der höhern Geometrie eine Parabel; also bewegt sich das ausfließende Wasser nach einer parabolischen Linie E F und C H.

299.

Will man demnach den Inhalt dieses Körpers, der in einer bestimmten Zeit aus dem Kanal fließt wissen, so muß man diej parabolische Grundfläche E B F, mit der Höhe des Körpers multipliciren. Diese Höhe ist B G, oder die Breite des Kanals. Ohne hier in das Verfahren einzugehen, wie der Inhalt von E B F zu berechnen sei, weil es über die Grenzen dieses Vortrags geht, so beweißt die höhere Geometrie, daß der

Inhalt dieses parabolischen Stücks aus $\frac{2}{3}$ E B.

B F bestehe. Nun haben wir E B = a und B F = c gesetzt, folglich ist der Inhalt der Grundfläche

$= \frac{2}{3}$ a c. Heißt nun die Höhe oder Breite des Kanals B G = b; so ist der körperliche Inhalt der Wassermasse, welche in einer Secunde herausfließt

$= \frac{2}{3}$ a b c.

300.

Man nehme an, die Linie E B sei = 10 Fuß und E P = 4 Fuß, so finden wir für die Geschwindigkeit E P, das ist P M, aus der im 298 § gefundenen

denen Gleichung den Werth von y; welcher $y^2 =$ 4. 15 Fuß 1 Zoll. 4 Fuß = 241, 33 Fuß, folglich y = 15, 5 Fuß.

Nun läßt sich ferner aus x, y, und E B = a, B F = c berechnen. Denn E P : E B = P M² : B F². Dies giebt in Zahlen 4 : 10 = (241, 33 F.) : B F².

Also B F = c = 77, 5 Fuß.

Demnach ist der Inhalt der Grundfläche =

$\frac{2}{3}$ B E. B F = $\frac{2}{3}$. 10. 77, 5 = $\frac{2}{3}$. 775 =

$516\frac{2}{3}$ Quadratfuß. Es sei nun die Höhe B G = 3 Fuß; so ist die körperliche Masse an herausfließenden Wasser = $516\frac{2}{3}$. 3 = 1550 Cubicfuß in einer Secunde; also in einer Minute = 1550. 60 = 93000 Cubicfuß Wasser.

Diese Berechnung leidet noch manche Einschränkung, und muß wohl eben so gut, wie die bei einer kleinen Seitenöfnung, verkleinert werden.

Bei den Schutzbrettern muß man dieselbe Rechnung anstellen. Die Höhe bei diesem ist der Breite der Ausgußöfnung gleich.

Gesetzt, das Schutzbrett vor einem Mühlengraben, wird auf 6 Fuß in die Höhe gezogen, und die Oefnung hat eine Breite von 2 Fuß; so ist die Geschwindigkeit für 1 Fuß Tiefe unter der Oberfläche des Wassers = 3, 9 Fuß; folglich wird die Geschwindigkeit

schwindigkeit nach der obigen Rechnung für 6 Fuß, 9, 5 Fuß betragen. Also der körperliche Inhalt der durchfließenden Wassermasse = 38 Quadratfuß. 2 = 76 Cubicfuß in einer Secunde.

301.

Um die Geschwindigkeit des Wassers zu finden, so beschreibt Bion in seiner mathematischen Werkschule folgende Vorrichtung, die aber schon im 17ten Jahrhundert von Mariotte ist angegeben worden. Man soll auf die Oberfläche des Wassers eine Wachskugel legen, die mit einer schweren Materie, etwa Blei, vermengt ist, damit nur ein kleiner Theil derselben über dem Wasser hervorrage. In dieser Lage wird der Wind auch auf die Bewegung der Kugel keinen merklichen Einfluß äussern können. Der Strom wird auf diese Weise, die Kugel mit sich fortführen.

Um nun die Geschwindigkeit zu erfahren, steckt man längs dem Ufer eine Linie von 20 bis 30 Fuß ab, und beobachtet mit einer Secundenuhr, wie viel Zeit die Wachskugel auf diesen Weg zubringt. Das Resultat dieser Beobachtung giebt die Geschwindigkeit des Stroms. Will man nun die Wassermasse berechnen, welche während einer Secunde durchgeht, multiplicire man die Breite mit der Tiefe des Stroms, und dieses Produkt durch die Geschwindigkeit des Wassers in einer Secunde. Gegenwärtig haben wir durch die Erfindung des Woltmannischen Strommessers ein weit besseres Werkzeug zu eben diesem Zwecke, als obiges von Mariotte angegebenes erhalten.

Von

## Von den Mühlenwerken.

302.

Diese Maschinen lassen sich auf zweierlei Art betrachten.

Einmal nach ihrem Zwecke, und zweitens nach den bewegenden Kräften. Der Zweck ist:

1) etwas zu zerreiben;

dahin gehören besonders alle Arten von Getreidemühlen; auch Schnupftabacks- und Farbemühlen.

2) etwas zu zerstampfen, oder zu zerstossen.

Das erste geschieht durch Stämpfer und das letztere durch Hammer. Dahin gehören Oel-, Pulver-, Loh-, Papier- und Walkmühlen; auch die Puchwerke beim Bergbaue.

3) etwas zu zerschneiden,

in den Säge-, Schneide- und Heckerlingsmühlen.

4) etwas zu bohren,

in den Bohrmühlen für Geschütz und Röhren.

5) etwas zu poliren, als Spiegel, Flintenläufe; auch Marmor- und Schiefermühlen.

6) zu schmieden, in den Hammerwerken.

7) zu ziehen, in den Drathmühlen.

8) zu dreschen, in den Dreschemühlen.

Nach den bewegenden Kräften sind die Mühlen:

1) Wassermühlen, die in unterschlächtige, oberschlächtige und mit horizontalem Rade eingetheilet werden.

2) Roß-

2) Roßmühlen, Hand- und Tretmühlen.
3) Windmühlen.

## Geschichte der Mühlen.

303.

Die ersten Mühlen, die besonders dahin abzwecken, das Getreide damit zu zerreiben, sind höchstwahrscheinlich nicht viel älter als 2000 Jahr. Vorher bediente man sich dazu der Handmühlen, die gewiß älter sind als die ersten. Und in noch frühern Zeiten gebrauchte man, um die Getreidekörner zu zerreiben, den Mörser, wo die Keule mit der Hand regiert wurde. In der Folge brachte man an die Keule eine Kürbel an, und so war leicht der Uebergang zu der Handmühle gemacht. Die Alten gebrauchten fast durchgehends die Handmühlen, auch noch damalen als die Wassermühlen schon erfunden waren, weil sie eine große Anzahl Sclaven hatten, die bei den Mühlen arbeiten mußten. Durch die Einführung des Christenthums hörte diese grausame Gewohnheit auf.

304.

Im Jahre 536 nach Christi Geburt, als der Gothen König, Vitigius, den Belisarius in Rom belagerte, und bei der Belagerung die vierzehn großen Wasserleitungen der Stadt verstopft wurden, erfand Belisarius in dieser Verlegenheit, die Schiffmühlen, wodurch der Gebrauch der Wassermühlen ungemein erweitert wurde. Denn diese lassen sich

auf

auf jedem Strome, ohne Erbauung eines Gerinnes oder künstlichen Gefälles anbringen; steigen und fallen wie das Wasser steigt und fällt; nur verlangen sie eine starke Befestignng. Wir werden unten noch Gelegenheit haben, mehr und ausführlich über die Einrichtung dieser Maschine, zu sprechen. Im vierten Jahrhundert hatte Deutschland schon hin und wieder Wassermühlen.

305.

Was die Erfindung der Windmühlen betrift, so fällt diese weit später als die der Wassermühlen. Die Römer haben sie nicht gekannt. Vielleicht mögen sie in Deutschlande, als dem Vaterlande so vieler Maschinen, erfunden worden sein. Sie kommen schon im 12ten Jahrhundert vor. Im Jahre 1393 ließ die Stadt Speier eine Windmühle bauen, und einen Mann, der mit der Windmühle mahlen konnte, aus den Niederlanden kommen. Im Jahre 1442 ist eine in Frankfurt am Main angelegt worden. Bekanntlich giebt es zweierlei Arten von Windmühlen. Bei der einem läßt sich die ganze Mühle um einen Zapfen drehen; bei der andern ist aber nur das Dach mit den Flügeln und ihrer Axe beweglich. Jene nennt man deutsche (Bocksmühlen), diese holländische.

306.

In den ersten Zeiten ist man sehr wahrscheinlich mit Zermalmung der Körner zufrieden gewesen, und

nachher

nachher ist man erst darauf verfallen, die Kleien oder Hülsen, vermittelst eines Siebes davon abzusondern. Die Einrichtung, ein Sieb, von Gestalt eines ausgespannten Beutels an die Mühle selbst anzubringen, und den Beutel durch das Mühlenwerk drehen und erschüttern zu lassen, ist eine Einrichtung, die erst im Anfange des 16ten Jahrhunderts bekannt geworden. Seit dieser Zeit, ist ein ansehnliches Gewerbe, nemlich die Verfertigung des Beuteltuchs entstanden, und das bis jetzt noch am besten in England, wiewohl beträchtlich theurer als das deutsche, aber auch um vieles stärker als dieses, verfertiget wird. Zu einem Beutel werden 5 Ellen erfordert, und man kann auf einen Mahlgang wohl jährlich 25 Ellen rechnen. Das Beuteltuch, welches noch zu vielen andern Sachen gebraucht wird, webt man aus drell gesponnen wollenen Garn, nach Art der Leinwand, mit zwei Schemeln. Das Gewebe muß geleimt werden, welches vorzüglich der Fall bei dem englischen ist, wodurch es steifer, glätter, und daher das Mehl besser hindurch fallen läßt, als das deutsche. In Deutschland wird es vorzüglich in Sachsen, bei Zittau und im Würtenbergischen verfertiget. Das Schock (Stück) von diesem hält 64 bis 65 Leipziger Ellen, und ist 10 — 14 Zoll breit.

307.

Werden die Getreidekörner nur abgerundet oder enthülset, so geschieht dies auf einer Mühle, die unter dem Namen einer Graupenmühle bekannt ist,

und

und die mit zu den neuen Erfindungen gehört. Sie ist entweder eine deutsche oder holländische Erfindung. In Holland ist die erste im Jahre 1660 zu Saardam gebauet worden. Die Einrichtung dieser Mühle soll in der Folge näher und umständlicher beschrieben werden. Ueber die Erfindung der Getreidemühlen, lese man Herrn Hofr. Beckmanns Beiträge zur Geschichte der Erfindungen, zweiter Band, 1stes Stück, aus welchen wir obiges größtentheils entlehnt haben. Es schien uns nöthig zu sein, unsere Leser, mit dieser in der That nützlichen Erfindung, ehe daß wir zur Beschreibung selbst übergehen, allgemein bekannt zu machen.

308.

Allgemein kommt bei jeder Getreidemühle folgende Einrichtung vor. Die Mühlenwelle A (Fig. 58. Tab. V.), wird entweder von einem Wasserrade B, welches nach den Umständen bald ein ober, bald ein unterschlächtiges Rad ist, oder durch ein paar Windflügel, oder auch durch eine Kürbel oder einen Hebel, herumbewegt. An der Mühlenwelle befindet sich entweder ein Kamrad C, oder auch ein Stirnrad; das Kammrad greift in einen Trilling D, an dessen Axe der Mühlstein E, angebracht ist, der aus dem Grunde einmal herumkommt indem der Trilling herumgeht. Befindet sich aber an der Welle A, ein Stirnrad, so greift dieses zu beiden Seiten in 2 Getriebe oder Trillinge, an deren Axen ein Kammrad ist, ein. Die Kammräder greifen in Trillinge, welche die Mühlsteine

steine herumführen. Eine solche Einrichtung nennt man eine Mühle mit einem vorgelegten Werke oder Zeuge, welches entweder dazu dienet, damit der Mühlstein geschwinder herumlaufe, oder auch mit einer und derselben Kraft, zwei Mühlsteine in Bewegung zu setzen.

## Von den unterschlächtigen Mühlen.

309.

Bei diesen wirkt, wie wir schon oben erwähnt haben, das Wasser mit einem Stoß, auf die ihm entgegengesetzte senkrechtstehende Schaufeln des Rades. Die Räder, die bei einer Mühle dieser Art gebraucht werden, sind entweder Staber-, oder Straubs-. oder auch Pansterräder. Die ersten bestehen aus zwei Kränzen, zwischen welche grade Schaufeln eingezapft sind. Die zweiten bestehen nur aus einem Kranze, auf dessen Felge breite Schaufeln befestiget sind. Die dritten, nemlich die Pansterräder, haben wie die Staberräder, grade Schaufeln, zwischen zwei Kränzen, sind aber wohl noch einmal so breit, und üben daher eine größere Gewalt aus, treiben auch gemeiniglich zwei Gänge. Sie werden nur in größern Strömen gebraucht. Bei den Staberrädern sind die Schaufeln etwa 20 Zoll von einander; sie werden gewöhnlich bei einem Gefälle von 2 Schuh angebracht. Die Höhe des Rades ist 12 bis 18

Schuh

Schuh. Die Straubemühlen erfordern ein Rad von 12 Schuh hoch, und wenigstens ein Gefäll von 3 bis 4 Fuß. Das Wasserrad von einer Panstermühle ist 14 Fuß hoch, und hat eine nochmal so große Breite als das Rad von einer Stabermühle.

310.

Damit der Stoß des Wassers auf ein unterschlächtiges Mühlenrad desto wirksamer sei, muß die Geschwindigkeit des Wassers durch einen Fall vermehrt werden. Diese Geschwindigkeit kann es aber nur erhalten, wenn man es vorher zum Steigen bringt. Dies geschieht durch einen Damm, den man quer über den Fluß legt, welche Anlage das Grundwerk heißt. Hierbei kommt 1) der Heerd vor, der, um das Wasser aufzuhalten, angelegt wird. Er besteht aus sehr starken Pfählen, die quer über den Strom 4 Ellen weit von einander eingeschlagen werden. Ueber die Pfähle wird der Fachbaum B, (Figur 59.) gelegt, der um einen Zoll höher, der Wage nach, liegen muß, als der in einer 2—3 schuhigen Entfernung eingeschlagener Mahl- oder Sicherpfahl A, der von der Obrigkeit des Orts bestimmt werden muß. Dieser Zoll heißt auch der Erb-, Nähr- und Zährzoll. Vor dem Sicherpfahl werden vier Reihen Pfähle in C, D, E und F, eingeschlagen, deren die ersten 9 Zoll tiefer stehen, als der Sicherpfahl, die zweiten D wieder 9 Zoll, so daß die letzte Reihe in F, $\frac{1}{2}$ Ellen tiefer steht, als der Sicherpfahl. Dieses geschieht deswegen,

gen, damit sich der Sand besser zwischen einsetzen, und das Unterwaschen besser verhütet werden könne. Zwischen die Pfähle, worauf der Fachbaum liegt, werden noch andere Pfähle eingestossen, und in H, I und K, dergestalt gestellt, daß sie mit dem vorigen genau einen rechten Winkel machen, über welche die Jochstücke L G gelegt werden, welche den Fachbaum befestigen, daß er den Druck des andringenden Wassers widerstehen kann. Quer vor dem Fachbaum kommt eine Reihe Pfähle M, die dicht aneinander eingeschlagen sind. Ueber dem Fachbaum kommt 2) das Grieswerk, das aus den Grießsäulen N B besteht, die so weit von einander stehen, als das Gerinne breit sein soll. Zwischen diesen befinden sich in Falzen die Schutzbretter, welche nach den Umständen vorgesetzt und ausgenommen werden können. Hierauf folgt 3) das Gerinne, welches eine schiefe Fläche ist, über welche das Wasser herab an das Mühlenrad fallen muß. Hinter dem Grieswerk werden die Pfähle P eingeschlagen, und über denselben die Balken (Weidebände) Q P gelegt, wodurch das Grieswerk befestiget wird. Dasjenige Gerinne, welches das Wasser den Mühlrädern zubringt, heißt das Mahlgerinne; die Oefnung aber, wodurch das Wasser vorbeifließen kann, ohne auf die Mühlräder zu kommen, heißt das Wüstgerinne oder der Freilauf. Die Gerinne leiden, nach den verschiedenen Rädern, eine Abänderung.

311.

Da das Fluthbett oder das Gerinne B G, eine schiefe Fläche ist, und da der Mittelpunkt der Schaufel in einer noch niedrigern Lage kommt, als die Fläche des Grundbalkens oder des Fauchbaums liegt, so heißt dieser Unterschied das lebendige Gefälle, und mit diesem macht der Wasserstand das ganze Gefälle aus.

## Berechnung einer unterschlächtigen Mahlmühle.

### Allgemeine Vorbereitung.

312.

Jede Maschine, die in einer gleichförmigen Bewegung ist, von der sagt man, sie sei im Beharrungszustande. Im Zustande des Gleichgewichts ist das mechanische Moment der Kraft, dem mechanischen Moment der Last gleich.

Jedes Moment kann man als ein Produkt ansehen, welches aus zwei Factoren entstanden ist. Bei dem Momente der Kraft kommt die Geschwindigkeit und die Kraft selbst vor; bei dem der Last, ebenfalls die Last selbst (so kann man jeden Widerstand ansehen, welcher sich der Kraft entgegenstellt; bei den Mahlmühlen ist der Widerstand des Getreides, die Last) und die Geschwindigkeit derselben.

313.

313.

Die bewegende Kraft bei einer unterschlächtigen Mühle ist der Stoß des Wassers auf die ihm entgegengesetzte Schaufel des Mühlenrades. Da diese nun von der Geschwindigkeit des aus dem Mahlgerinne herausfliessenden Wassers abhängt, so ist das erste, die Höhe des vor dem Damm stehenden Wassers zu wissen, und daraus die Geschwindigkeit, welche dieser zukommt, zu berechnen. Diese Höhe rechnet man von dem Wasserspiegel vor dem Damm bis zur Mitte der Oefnung des Gerinnes. Denn da die Oefnung des Gerinnes eine beträchtliche Fläche ausmacht, so muß das Wasser, das unter dem Mittelpunkt dieser Oefnung herausfließt, sich geschwinder bewegen, als dasjenige, was über der Mitte der Oefnung herausgeht, weil die Höhe des letztern Wassers kleiner ist, als die, des erstern. Um nun nicht zu viel und auch nicht zu wenig zu rechnen, so nimmt man aus dem Grunde, die Mitte der Oefnung des Gerinnes, zum untern Standpunkt des Falles an. Von hieraus fällt nun das Wasser längs einer schiefen Ebene auf die Schaufel, wodurch es noch einen Zuwachs, wegen dieser Ebene, an Geschwindigkeit erhält. Schon im ersten Abschnitte haben wir die Formel für die Geschwindigkeit, nemlich $2\sqrt{a\,g} = \sqrt{4\,a\,g}$ hergausgebracht, und selbige in diesem Abschnitte häufig bei der Bewegung des Wassers angewendet. a bedeutet hier die Höhe des Falls, und $g = 15,625$ rheinl. Fuß $=$ 15 Fuß 1 Zoll pariser Maß.

314.

Man nehme an, das Gefälle sei 3 Fuß hoch, so multiplicire man diese Höhe mit $62\frac{1}{2} = 4$ g, und ziehe aus dem Produkte die Quadratwurzel, so erhält man die Geschwindigkeit im rheinländischen Fußmasse, nach welchem das Gefälle ebenfalls ausgemessen sein muß. Nun

$2 \sqrt{a\,g} = 2 \sqrt{3.\,62,\,5} = 13,\,7$ rheinl. Fuß, als die erhaltene Geschwindigkeit des Wassers für eine Secunde. Aus dem Gerinne wird also in jeder Secunde ein Prisma Wasser herausfliessen, dessen Grundfläche einerlei ist mit der Fläche der Oefnung, zur Höhe aber, den durch 3 Fuß Fall, erhaltene Geschwindigkeit empfangeu hat. Die Fläche der Oefnung sei 1 Quadratfuß, so fließt in jeder Secunde ein Wasserprisma von 13, 7 rheinl. Cubicfuß aus der Oefnung heraus, welche in einer Stunde 49320 Cubicfuß rheinl. ausmacht. Rechnet man den rheinl. Cubicfuß zu 64 Pfund, so ist dies ein Gewicht von 31 Millionen 564080 Pfund Wasser. Und auf diesen Wasserzufluß muß man rechnen, wenn bei dem Gefälle, die Mühle bewegt werden soll.

315.

Parent, ein französischer Mathematiker, hat im Anfange des vorigen Jahrhunderts ausgefunden, daß, wenn eine Maschine, die von einem unterschlächtigen Rade in Wirksamkeit gesetzt werden soll, so angeordnet wer-

den

den muß, daß die Geschwindigkeit der umlaufenden Schaufeln dem dritten Theil der Geschwindigkeit des anschlagenden Triebwassers gleich ist.

In unsern so eben angeführten Beispiele, wo wir das Gefälle zu 3 Schuh annahmen, und eine Geschwindigkeit von 13, 7 Fuß in einer Secunde herausbrachten, muß die Geschwindigkeit der Schaufel

$= \frac{13,7}{3}$ Fuß $= 4,5$ Fuß in einer Secunde sein,

wenn die Maschine die größte Wirkung thun soll. Dies ist zugleich die Geschwindigkeit der angreifenden Kraft. Aus dieser ergiebt sich auch die Zeit für den einmaligen Umlauf des Rades, wenn der Umfang desselben bekannt ist; weil man nur nöthig hat, den Umfang des Rades mit der Geschwindigkeit der Kraft zu dividiren; der Quotient giebt sodann die Umlaufszeit des Rades. Das Rad habe z. B. einen Durchmesser von 16 Schuh, so ist der Umfang desselben $=$ $16. 3, 14 = 50, 24$; mithin die Umlaufszeit $=$

$\frac{50, 24}{4, 5} = 11, 16$ Secunden.

316.

Was den Umlauf des Mühlsteins, oder des sogenannten Läufers betrift, so giebt man diesen verschieden an. Belidor setzt ihn 60mal in einer Minute an; folglich kommt er in einer Secunde einmal

herum. Andere geben ihm noch eine geschwindere, wieder andere eine langsamere Bewegung. Wir wollen ihn hier zu 50 mal in einer Minute annehmen, so kommt er

$$\text{in } \frac{6}{5} \text{ Secunden einmal herum.}$$

Aus der Umlaufszeit des Läufers, und der des Rades, ergiebt sich, wenn man beide mit einander dividirt, die Anzahl der Kämme und der Triebstöcke. Denn da überhaupt bei den Mühlen, die Kraft sich langsamer bewegt als die Last, so muß der Trilling, der den Läufer herumführt, sich so vielmal geschwinder bewegen, als das Kammrad, welches mit dem Wasserrade zugleich herumkommt, als die Geschwindigkeit des erstern in die des letztern enthalten ist. Dividirt man demnach in unserm Beispiele II, 16 Fuß : $\frac{6}{5}$, so erhält man zum Quotienten $9\frac{3}{10}$; oder der Läufer muß $9\frac{3}{10}$ mal herumkommen, während das Kamm- oder Mühlenrad einmal herumgeht. Giebt man nun dem Trillinge 10 Stöcke, so muß das Kammrad 93 Kämme oder Zähne erhalten.

## 317.

Der Widerstand, welchen das Getraide äussert, sieht man nach den Erfahrungen des Herrn Belidors, als ein Gewicht an, das dem 52sten Theil von dem Gewichte des Mühlsteines gleich kommt, wo auch das

Gewicht

Gewicht des Mühleisens und des Trillings mit zu gerechnet wird. Nun läßt sich das Gewicht des Mühlsteins berechnen, wenn bekannt ist, wieviel ein Cubicfuß von der Steinmasse wiegt, woraus die Mühlsteine gehauen werden. Der 52ste Theil von dem Gewichte, giebt also den Widerstand des Getreides, welchen man als die Last anzusehen hat.

318.

Der Druck, welcher das Wasser gegen die noch ruhende Schaufel des Rades äussert, ist so groß als das Gewicht einer Wassersäule, deren Grundfläche gleich der Fläche der Schaufel ist, zur Höhe aber die Höhe des Gefälles hat. Sobald aber das Rad schon umläuft, so wird der Wasserstoß schwächer, weil die Schaufel dem Stoß ausweicht. Zieht man demnach die Geschwindigkeit der Schaufel, von der Geschwindigkeit des anschlagenden Wassers ab, so erhält man die relative Geschwindigkeit des Triebwassers. Wir haben im vorigen (315) die Geschwindigkeit der Schaufel zu $\frac{1}{3}$ der Geschwindigkeit des anschlagenden Wassers angegeben; mithin bleibt für die relative Geschwindigkeit $\frac{2}{3}$ übrig. Da sich nun die Geschwindigkeiten zu einander verhalten, wie die Quadrate der Höhen, so kommt für die relative Geschwindigkeit $\frac{4}{9}$ des ganzen Gefälles.

319.

Hieraus läßt sich die Grösse der Schaufelfläche im Quadratmaß angeben, wenn man den cubischen Inhalt

Inhalt einer Menge Wasser, deren Gewicht der gefundenen Kraft gleich ist, mit $\frac{a}{9}$ des Gefälles dividirt.

Dies sind die Haupt-Data, die zur Berechnung einer Mühle zu wissen nöthig sind, und welche Belidor größtentheils mit einer Mühle zu la Ferre verglich, und durch die Erfahrung bestätigt gefunden hat. Diese Theile der Rechnung wollen wir hier nun, in einem ordentlichen Beispiele, noch malen, in einem nähern Zusammenhange, unsern Lesern, vortragen.

320.

Beispiel. Das Gefälle von einer unterschlächtigen Kornmühle sei 3 Fuß, der Läufer halte 5 Fuß im Durchmesser, sei 18 Zoll hoch, und soll 50mal in einer Minute umlaufen. Ueberdieß wiege ein rheinl. Cubicfuß dieser Steinmasse 164 Pfund.

Um den Widerstand des Getreides zu finden, berechne man 1) den körperlichen Inhalt des Läufers, und daraus das Gewicht desselben. Da die Figur des Mühlsteins, völlig einem Cylinder gleich kommt, so finde man den Inhalt desselben nach (Geometr. 144.); doch hier ist die Rechnung selbst.

Nach (Geometr. 107.) ist $200 : 157 = 5^2 : 19,625$ Quadratfuß für die Grundfläche des Steins. Multiplicirt man diese mit 18 Zoll, oder $1\frac{1}{2}$ Fuß, so erhält man den körperlichen Inhalt des Steins. Dieser ist $19,625 . 1,5 = 29,4375$ Cubicfuß.

321.

321.

Da wir den Cubicfuß dieser Steinmasse zu 164 Pfund angenommen haben, so giebt 29, 4375. 164 ℔ = 4828 Pfund für das Gewicht des Mühlsteins. Zu diesem Gewichte muß noch das Gewicht des Mühleisens und Trillings addirt werden; weil aber von dem Gewichte des Läufers auch das Gewicht der Steinmasse für des Läufers Auge abgerechnet werden muß, so kann man diese beiden Stücke bei der Rechnung gegen einander aufgehen lassen, und so bleibt den obiges Gewicht von 4828 Pfund übrig. Von diesem nehme man den 52sten Theile = 93 ℔, welcher den Widerstand des Getreides angiebt.

322.

Die Geschwindigkeit der Last ergiebt sich 2) aus dem Umlaufe des Mühlsteins, davon wir wissen, daß er 50mal in einer Minute herumlaufen muß, welches für einmal die Zeit von $1\frac{1}{5}$ Secunde ist. Nun berechne man aus dem gegebenen Durchmesser des Läufers den Umfang desselben; dieser ist 3, 14. 5 = 15, 70 Fuß. Nimmt man davon den $\frac{5}{6}$ten Theil, als den Raum für eine Secunde, so erhält man die Geschwindigkeit der Last = $\frac{5}{6}$. 15, 70 = 13, 08 Fuß. Denn 13, 08 Fuß : 15, 70 Fuß = 50 Sec. : 60 Secunden. Da wir das Gefälle bei unserer Mühle auf 3 Fuß angenommen haben, so bekommen wir daraus 3) die Geschwindigkeit der Kraft. Die Geschwindigkeit des anschlagenden Triebwassers

wassers ist $= \sqrt{3.\ 62\frac{1}{2}} = 13,\ 69$ Fuß für eine Secunde. Nimmt man hiervon den 3ten Theil, so erhält man die Geschwindigkeit der Kraft, welche

$$\frac{13,\ 69}{3} = 4,\ 56 \text{ Fuß ist.}$$

323.

Aus dieser ergiebt sich 4) die Umlaufszeit des Wasserrades, wenn man den Umfang desselben mit der Geschwindigkeit der Kraft dividirt. Man nehme die Höhe des Rades willkührlich an, doch unter einer gewissen Bestimmung, ob er ein Staberrad oder Strauberad sei, auch nicht gar zu groß, weil sich darnach die Größe des Kammrades richtet. Die ganze Höhe sei also 13 Fuß, und die Schaufelhöhe 1 Schuh, so ist der Durchmesser des Kreises, der durch die Mitte der Schaufel geht 12 Fuß; mithin der Umfang 12. 3, 14 = 37, 68 Fuß. Dividirt man nun den Umfang des Rades mit der vorhin gefundenen Geschwindigkeit der Schaufel, so ergiebt sich die Umlaufszeit des Rades, diese ist: 8, 26 Secunden. Denn

$$\frac{37,\ 68}{4,\ 56} = 8\frac{1}{4} \text{ Sec.}$$

324.

Dividirt man ferner die Geschwindigkeit des Läufers in die Geschwindigkeit der Umlaufszeit des Rades, so erhält man 5) das Verhältniß der Trillingsstöcke zu den Kämmen des Kammrades. Das

ist

ist: $8\frac{1}{4} : \frac{5}{6} = 6\frac{7}{8}$. Giebt man dem Trillinge 8 Stöcke, so erhält das Kammrad 55 Kämme oder Zähne. Erhält das Kammrad $3\frac{3}{4}$ Zoll Theilungsweite, so ergiebt sich der Umfang des Kammrades = 17, 18 Fuß, und der Durchmesser oder Höhe desselben = 5, 47 Fuß.

325.

Nachdem man alles dieses gefunden hat, und zugleich der Widerstand des Getreides = 93 Pfund, die Geschwindigkeit der Last = 13, 08 Fuß, und die Geschwindigkeit der Kraft = 4, 56 Fuß bekannt ist; so läßt sich aus diesem 6) die relative Kraft finden, wenn man nemlich das Produkt aus der Last multiplicirt mit der Geschwindigkeit derselben, durch die Geschwindigkeit der Kraft dividirt. Das ist:

$$\frac{13,08 \cdot 93}{4,56} = 266 \text{ Pfund}$$

= der gesuchten relativen Kraft.

326.

Von dem Gewichte dieser Wassersäule erhält man 7) den cubischen Inhalt, wenn dasselbe durch das Gewicht von einem rheinl. Cubicfusse Wasser = 64 Pfund, dividirt wird. Nun ist $\frac{266}{64} = 4, 15$ Cubicfuß. Zu diesem Inhalte gehört eine Höhe von $\frac{4}{9}$ des Gefälles, oder $1\frac{1}{3}$ Fuß. Dividirt man also den körperlichen Raum mit $1\frac{1}{3}$ Fuß, so erhält man die

Schaufel-

Schaufelfläche. Diese ist $= \frac{4,15}{1\frac{1}{3}} = 3,11$ Quadratfuß. Nimmt man nun zur Höhe für diese Fläche 1 Fuß an, so erhält sie eine Länge von 3, 11 Fuß.

Dies ist alles, was wir über den theoretischen Theil einer Mühlen-Anlage sagen können. Wir zweifeln auch im mindesten nicht, daß sie unsern Lesern, nicht verständlich sein sollte, besonders wenn sie mit den Vorkenntnissen aus der reinen Mathematik hinlänglich versehen sind.

327.

Bei jeder Getreide-Mühle kommen noch folgende Theile vor, deren wir eben noch nicht erwähnet haben, und die doch zur Erklärung der Maschine nothwendig gehören. Durch die Axe des Trillings geht eine senkrechte eiserne Stange, das Mühleisen, auf welcher der Läufer ruht. Das Mühleisen paßt in einem Loche des Läufers, (die Haue) und unter dem Läufer liegt der sogenannte Bodenstein auf einem festen Lager. Durch diesen Bodenstein geht das Mühleisen. Das Mühleisen liegt unten auf dem Steg. Dieser ist elastisch, und verursacht, daß die beiden Steine sich einander nähern und entfernen können. Die Frucht, die zermalmet werden soll, fällt aus einem trichterförmigen Behältniß, dem Rumpf, in des Läufers Auge, und verbreitet sich auf die Art zwischen der Fläche des Läufers und des

Boden-

Bodensteins. Diese Verbreitung wird durch den geschwinden Umlauf des Läufers, vergrössert. Die Läufer haben eine verschiedene Größe. Ihr Durchmesser fällt zwischen 3 und 5 Fuß, und ihre Höhe zwischen 10 und 24 Zoll. Die beste Zahl ist, wenn der Durchmesser 5 Fuß, und die Höhe 18 Zoll beträgt. Das Gewicht eines solchen Steins fällt zwischen 4000 und 6000 Pfund. Nach Ferguson haben die englischen Mühlsteine nur ein Gewicht von 1800 bis 2000 ℔. Der Durchmesser ist auch desto kleiner. Die besten Mühlsteine erhalten wir aus den Rheingegenden, und bestehen aus einer Steinart, die vulkanische Spuhren an sich hat. Diejenigen, die aus der Gegend von Cölln und Andernach kommen, hält man für die besten. Einige Mühlsteine erhalten wir aus Sachsen, und zwar aus der Gegend von Pirna. Sie sind gewöhnliche Sandsteine, und sollen nicht so gut sein als die erstern.

## Von den Panstermühlen.

328.

Diese Mühlen, die sich von den andern durch ein breites Wasserrad leicht unterscheiden, und in Strömen angelegt werden, die in ihrer Höhe eine Veränderung leiden. Die Welle, an welcher das Wasserrad befindlich ist, läßt sich, wegen des Steigens und Fallens des Wassers, durch eine eigne zu diesem Zweck eingerichtete Vorrichtung in die Höhe heben. Diese

Vorrichtung führt den Namen des Panſterwerks, und iſt aus folgenden Theilen zuſammengeſetzt:

329.

An der Welle, B C des Rades A (Figur 60.) befinde ſich ein Stirnrad D, welches zu beiden Seiten in die Getriebe E, eingreift. Jede Welle von dieſem Getriebe iſt mit einem Kammrade F verſehen, das in einen Trilling G eingreift, und an deſſen Welle der Mühlſtein K befeſtiget iſt. Man giebt gewöhnlich dem Stirnrade, das an der Panſterwelle iſt, 60 Zähne, und jeder der beiden Trillinge erhalten 20 Stöcke; mithin geht die Kammradswelle 3mal geſchwinder herum als das Panſterrad. Das Kammrad bekommt 28 Kämme, und der Trilling des Mühlſteins 7 Stöcke; folglich geht dieſer wieder 4mal geſchwinder herum, als das Kammrad, oder 12mal geſchwinder als das Waſſerrad. Die Geſchwindigkeit des letztern ergiebt ſich, nach dem vorigen Beiſpiele, aus der Geſchwindigkeit der Schaufel, die $\frac{1}{3}$ von dem Gefälle iſt. Hieraus läßt ſich alſo die Geſchwindigkeit des Läufers, nach dem Verhältniſſe von 1 zu 12 finden. Da eine Panſtermühle zwei Steine in Bewegung ſetzt, und wenn man die Größe derſelben gleich dem, im vorigen Beiſpiele annimmt, ſo iſt die Laſt, oder der Widerſtand des Getreides doppelt ſo groß, als wir daſelbſt angenommen haben. Nachdem dieſe Stücke eben ſo, als vorhin, berechnet worden ſind, ſo ergiebt ſich nicht nur daraus die dazu nöthige Kraft, ſondern auch die Breite der Schaufeln.

330.

330.

Damit nun, wegen der Veränderung des Wasserstandes, das Mühlenwerk auf- und niedergelassen werden könne, so liegen die Zapfen der Welle des Wasserrades auf Zargen in C und B, welche zwischen zwei Säulen in Falzen auf- und niedergehen, und an Ketten hangen, so Pansterketten heißen. Diese Ketten, CR und BQ, gehen um die Welle QR, so die Panster- auch Ziehwelle heißt, an welcher sich ein Stirnrad P befindet, so gemeiniglich 10 Fuß im Durchmesser hat; es heißt das Aufziehstirnrad, und hat 80 Zähne. Dieses Stirnrad greift in den Trilling O von 6 Stöcken, so der Rumpf heißt. An dessen Welle LM, welche daher die Rumpfwelle genannt wird, ist das Haspelrad N, von 36 Sprossen, welches umgedrehet wird. Dadurch dreht sich auch der Rumpf mit dem Stirnrade um, die Pansterketten wickeln sich auf die Welle, und das Wasserrad wird in die Höhe gezogen. Dem Pansterrade giebt man die doppelte Breite des Staberrades, gewöhnlich 8 Fuß. Der Mühlenstrom, oder vielmehr die Oefnung desselben, durch welche das Wasser auf das Rad fällt, muß eine Breite haben, die doppelt so groß ist, als die eines Staberrades, braucht aber nur eben so hoch zu sein, als dieses. Für ein großes Staberrad von 48 Zoll Breite, rechnet man die Oefnung auf 60 Zoll weit und 24 bis 30 Zoll hoch. Für ein Strauberrad von 30 Zoll Breite, 36 Zoll weit, und 18 Zoll hoch. Darnach

lassen

lassen sich nun leicht die Querschnitte der Oefnungen bestimmen, mithin die Wassermassen angeben, die in einer gewissen Zeit, aus diesen Oefnungen herausströmen.

## Von den oberschlächtigen Mühlen.

### 331.

Oberschlächtige Mühlenräder gebraucht man nur bei einem hohen Gefälle, also in Berggegenden sind sie, wegen der vielen Quellen, leicht anzulegen. Der Umfang eines solchen Rades besteht aus Zellen, die zwischen den Felgen des Rades eingesetzt sind. Die Zeichnung des Rades geschieht auf folgende Art. Aus dem Mittelpunkt C, (Fig. 61.) beschreibe man mit CA den äussern, und mit CB, den innern Umfang des Rades. Von AB nehme man $\frac{1}{3}$ = BD, und beschreibe aus C, mit AD, einen dritten Kreis, welchen man den Theilriß nennt, und der in so viel gleiche Theile eingetheilt wird, als das Rad Schaufeln haben soll. Aus dem Mittelpunkte des Rades zieht man durch die Theilungspunkte die Linien BD, EF, welche die Lage der Kropf- oder Riegelschaufeln angeben. An diese werden die Stoßschaufeln, wie DG so gelegt, daß ihre Verlängerung DH, durch einen um zwei Theile von D entfernten Punkt geht. Das Wasser fließt aus dem Gerinne K in eine der obersten Zellen des Rades. Ist diese angefüllet, so fließt es in die nächstuntere u. s. w. bis in die bei A. Das Rad setzt sich

eben

eben dadurch nach und nach in Bewegung, wobei alsdann andere Zellen unter das Gerinne rücken, und auf eben die Art angefüllet werden, als die vorigen. Dadurch wird das Rad immer schwerer, und fängt auch an geschwinder zu gehen. Je weiter die Zellen herabkommen, destomehr Wasser giessen sie aus, aber die beiden untern sind ganz leer.

332.

Wenn M L Q die Zelle ist, welche oben das Wasser auffängt, und R T S diejenige, welche das Wasser ausgießt, so ist der Bogen Q B R, der wasserhaltende Bogen. Von diesem Bogen ist O P die senkrechte Höhe, wenn vorher die Linie O Q und P R horizontal gezogen ist. Ist das Wasser in den Zellen dieses Bogens gleichförmig vertheilt, so ist die Kraft so groß als eine Wassersäule, deren Höhe mit der Höhe des wasserhaltenden Bogens einerlei ist, zur Grundfläche aber den mittlern Querschnitt D U der Zellen gleich ist. Das Gewicht dieser Wassersäule kann man sich nach der Tangente des Theilrisses angebracht, vorstellen. Diese Regel gründet sich ganz auf Erfahrung dieser Räder; und wenn das Rad regelmäßig gebauet worden ist, so muß die senkrechte Höhe des wasserhaltenden Bogens, wenigstens $\frac{3}{4}$ von der Höhe des ganzen Rades betragen.

333.

Folgendes Beispiel mag diese Erklärung, die wir von dem oberschlächtigen Rade gegeben haben,

noch

noch deutlicher machen. Das oberschlächtige Rad sei 16 Fuß hoch, und die Höhe des wasserhaltenden Bogens nehme man auf $\frac{3}{4}$ des Durchmessers an, so ist dieser = 12 Fuß. Der mittlere Querschnitt jeder Zelle sei ein Rechteck von 3 Fuß 6 Zoll lang, und 8 Zoll breit; so ist der Inhalt der Wassersäule, gleich einem Prisma von 336 Quadratzoll multiplicirt mit 12 Fuß = 144 Zoll = 48284 Cubiczoll = 22 Cubicfuß und 268 Cubiczoll. Multiplicirt man diesen Inhalt mit dem Gewicht von einem rheinländischen Cubicfuß Wasser, (64 Pfund) so erhält man das Gewicht dieser Wassersäule, welches ist, = 1418 Pfund. Dieses Gewicht drückt die Kraft aus. Die Geschwindigkeit der Kraft ist einerlei mit der Geschwindigkeit einer Zelle, in welche von oben das Wasser hineinfällt.

334.

Um die Geschwindigkeit anzugeben, muß man die Höhe der Rinne K, über der obersten Zelle wissen, die das herausfliessende Wasser auffängt. Ist diese nun bekannt, so ergiebt sich aus derselben, die Geschwindigkeit der umlaufenden Zellen, oder welches einerlei ist, die Geschwindigkeit des Theilrisses. Gesetzt, die Höhe sei 1 Fuß, so ist die Geschwindigkeit für eine Secunde = $\sqrt{62\frac{1}{2}}$. 1 = 7, 9 Fuß. Multiplicirt man diese Geschwindigkeit mit der vorhin berechneten Kraft, so erhält man das Moment der Kraft.

Nun ist 1418. 7, 9 = 11202, 2 Pfund.

Der

Der hierzu erforderliche Wasseraufwand in einer Secunde, ergiebt sich aus dem Flächen-Inhalte des mittlern Querschnittes der Zellen, multiplicirt in die Geschwindigkeit, des, aus dem Gerinne herausfliessenden Wassers.

Der Inhalt des mittlern Querschnitts war = 336 Quadratzoll; die gefundene Geschwindigkeit = 94, 8 Zoll, folglich der körperliche Inhalt der Säule für eine Secunde = 18 Cubicfuß 748, 8 Cubiczoll.

Herr Prof. Langsdorf theilt folgende Hauptregel beim oberschlächtigen Rade mit:

„Beim Gebrauch oberschlächtiger Räder muß man Schnelligkeit in Ueberwindung der Last, nicht durch schnellen Umlauf des Wasserrades, sondern durch Verlängerung der Hebelarme, an welchen die Last angebracht ist, oder durch Vorgelege zu erhalten suchen, und merkt dabei an: Hiergegen wird in der Ausübung sehr häufig gefehlt." Siehe Langsdorf Maschinenlehre 6. Kap. S. 169. 1 Band.

335.

Bei den oberschlächtigen Rädern haben wir noch dies zu bemerken, daß die Menge des Wassers, welche auf das Rad fällt, nach der Größe des Rades abnimmt, weil die Kraft alsdann in einer größern Entfernung von dem Mittelpunkte des Rades wirkt. Die Erfahrung lehrt, daß die Höhe des Rades mit der

Menge des auf einmal herabfallenden Wassers folgende sei:

| Höhe des Rades. | Aufschlag-Wasser. |
|---|---|
| 6 Fuß . . | 240 Quadratzoll. |
| 8 ; . . | 180 ; |
| 10 ; . . | 144 ; |
| 12 ; . . | 120 ; |
| 14 ; . | fast 103 ; |
| 16 ; . . | 90 ; |

Die Menge des Wassers steht mit der Höhe des Rades in umgekehrten Verhältnisse. Hieraus läßt sich die Menge des Wassers aus dieser Tabelle zu jeder Höhe des Rades berechnen. Denn wie sich die gegebene Höhe zu der Höhe des Rades in der Tabelle verhält, so das bestimmte Aufschlagewasser von diesem Rade, zu der gesuchten Menge. Für ein Rad von 20 Fuß Höhe, läßt sich also die Menge Wasser nach folgender Proportion bestimmen:

20 Fuß : 6 Fuß = 240 : 72 Quadratzoll.

Daraus ergiebt sich die Breite des Gerinnes, wenn man die Wassermenge durch die Höhe des Wassers, im Gerinne dividirt. Diese Höhe sei in unserm Beispiele 6 Zoll, so ist die Breite oder Weite

$$\text{des Gerinnes} = \frac{72}{6} = 12 \text{ Zoll.}$$

Die

## Die Graupenmühle.

336.

Die Graupen werden bekanntlich aus der Gerste gemacht, die von ihrer groben Hülse zuerst befreiet werden muß; sie erhalten alsdann ihre runde Gestalt, und führen unter dieser Form, den Namen, Graupen. Hierauf werden sie von dem anhängenden Mehl befreiet, und in Ansehung der Grösse von einander abgesondert.

Aus diesem Grunde weicht, wie man sich leicht vorstellen kann, die Einrichtung einer Graupenmühl von der einer gewöhnlichen Mahlmühle ab. Das Enthülsen und Abrunden geschieht durch einen einzigen Mühlstein D, (Fig. 62) der mit einer Einfassung umgeben ist. Der Stein treibt die Gerste in der Einfassung oder in dem Umlaufe herum, und durch das Reiben stossen sich die groben Hülsen und die vordern Spitzen der Gerste ab, und eben dadurch wird sie rund. Der Stein wird auf folgende Art in Bewegung gesetzt.

337.

Ein Wasserrad setzt das Kammrad B, das sich an der Welle desselben befindet, in Bewegung. Dieses greift in die Stöcke des Trillings C, an dessen Welle der Mühlstein D befindlich ist. Sind die Körner rund genug, so wird das Loch bei Z im Laufe geöfnet, und die Graupen herausgenommen. Alsdann werden sie auf folgende Art von dem anklebenden Mehle

gereiniget. Aus dem vorhin erwähnten Graupenstein geht eine Spindel heraus, an welcher oben in E, ein Kammrad befindlich ist, welches in den Trilling F eingreift. An der Welle dieses Trillings befinden sich in G drei Windräder, durch deren Umdrehung das Mehl von den Graupen abgeschlagen wird. Dieses fällt in die darunter aufgespannten Beutel. Diese so eben beschriebene Vorrichtung an einer Graupenmühle, heißt das Windwerk. Ganz oben an der Spindel des Mühlsteins, befindet sich ein zweites Kammrad H, das in den Trilling I eingreift, an dessen Welle, um die Bewegung gleichförmig zu erhalten, ein Schwungrad K angebracht ist. Zugleich befindet sich an eben der Welle eine Kürbel L, welche durch hintenherumgehende Stangen an die Siebe in M festgemacht ist, so daß durch die Umdrehung der Kürbel die Siebe geschüttelt werden. Dieses Siebwerk M, besteht in drei etwas schiefgestellten Sieben, deren immer eins über das andere hervorragt. Das erste Sieb hat die größten Löcher, so daß nur die allergrößten Graupen in demselben bleiben, die übrigen fallen auf das zweite Sieb, welches die Mittelsorte zurückbehält, die feinsten aber auf das dritte Sieb durchfallen läßt. Wenn demnach auf dem Mühlensteine eine gehörige Menge von Graupen bereitet worden sind, werden sie in Säcke gethan, auf den Boden gebracht, und in den Rumpf O geschüttet. Aus diesem fallen sie auf das erste Sieb M, und die gröbste Art fällt von demselben auf das darunter befindliche

ständliche Windrad in den Kanal P, vor welchem ein leinen Tuch gespannt ist, durch welches das Mehl geht. Die Graupen aber fallen in den Kasten S. Die feinen Graupen, welche auf das zweite Sieb fallen, gehen durch den Kanal Q in den Kasten V, und die feinsten (Perlgraupen) fallen von dem dritten Siebe durch den Kanal R in den Kasten T. Das Mehl, welches durch alle Siebe durchgeht, fällt in das unter dem dritten Siebe ausgespannte Tuch N.

Dies ist im allgemeinen die Einrichtung unserer Graupenmühlen, und zugleich macht es uns mit der Zubereitung derselben im Ganzen bekannt. Wir wollen diesem noch eine kurze Beschreibung von der Bewegung der Maschine im folgenden § beifügen.

## 338.

Aus der Figur läßt sich leicht die Geschwindigkeit des Mühlsteins und der übrigen Theile, die mit ihm in Verbindung stehen, beurtheilen, wenn nur der Umlauf des Wasserrades bekannt ist. Und diesen finden wir, wenn der Fall des Wassers, wie aus dem vorhergehenden erhellet, gegeben ist. Es gehe dieses Rad demnach in 10 Secunden einmal herum, und das Kammräd B habe 72 Kämme, welches in den Trilling D, der aus 10 Stöcken besteht, eingreift, und nicht nur den Graupenstein D, sondern auch die beiden Kammräder E und H, herumtreibt. Diese letztern Theile der Mühle bewegen sich

also $\frac{72}{10} = 7\frac{1}{5}$mal geschwinder, als die Wasserwelle A. Das ist: Der Stein geht in 1, 4 Secunden etwa einmal herum. Hat das Kammrad E 20 Kämme, und der Trilling F, welcher an der Windswelle liegt, 5 Stöcke, so bewegen sich die Windflügel an dieser Welle 4mal geschwinder, als die Kammräder, d. h. sie kommen in 0, 35 Secunden einmal herum; auch das Siebwerk wird sich geschwinder bewegen als der Mühlstein, weil das Kammrad H in den Trilling I eingreift, und so die Kürbel L, herumführt. Aus den vielen Nebentheilen, woraus die Maschine zusammengesetzt ist, folget von selbst, daß das Reiben bei derselben einen beträchtlichen Einfluß auf den Gang der Maschine haben müsse. Diese Friction muß bei der Berechnung der Kraft vor allen Dingen in Anschlag gebracht werden.

## Die Schiffmühlen.

339.

Gewöhnlich werden diese Mühlen auf einen Fluß gelegt, der mit einem lebhaften Strom versehen ist. In denjenigen Flüssen, wo Fluth und Ebbe abwechselnd statt finden, ist es nicht gut möglich, eine Mühle dieser Art anzulegen, weil der Strom zu wenig Fall hat, und überdem die Mühle bei jedem Wechsel der Fluth und Ebbe ihren Gang verändern müßte.

müßte. Der Maschine würde eben dies nicht schaden; aber die Mühlsteine würden mit den dem einen Gang gemäß in ihnen eingehauenen krummen Streifen bei umgekehrter Wirkung nicht wirken. Die Stadt Bremen hat erst seit der Zeit seine Schiffsmühlen unter der grossen Weserbrücke anlegen können, als die Fluth und Ebbe nicht mehr bis Bremen heraufkömmt. In schwachen Strömen sind sie gar nicht anlegbar, wenn man den Rädern auch eine grosse Oberfläche giebt. Beyer giebt den Stoßbrettern der Wasserräder zehn Ellen Breite. In einem starkfliessenden Strom ist diese Breite zu groß; in einem schwachen aber zu klein.

340.

Sie bestehen aus zwei Fahrzeugen, und das Wasserrad, welches, wie wir eben erwähnt haben, sehr breite Schaufeln hat, liegt zwischen den beiden Fahrzeugen. Auf dem einen Schiffe liegt die Mühlenwelle, und auf dem andern befindet sich die Mühle selbst. An der Welle des Mühlenrades ist ein Stirnrad, welches in einen Trilling eingreift, an dessen Welle ein Kammrad liegt, das in den Trilling des Läufers eingreift, und denselben herumtreibt. Weil das Wasserrad nur langsam herumgeht, so ist dieses Vorgelege durchaus nöthig, weil sonst der Mühlstein nicht geschwinde genug herumgehen würde. Der Mühlstein geht in den meisten Fällen, 27mal herum, während das Wasserrad nur einmal herumkommt.

Zu

Zu dem Ende giebt man dem Stirnrade 72 Zähne, dem ersten Getriebe 24 Stöcke, dem Kammrade 63 Kämme, und dem Trillinge des Mühlsteins 7 Stöcke. Also geht das Kammrad 9mal langsamer als der Mühlenstein, und das Stirnrad der Mühlenwelle dreimal langsamer als das vorhergehende; folglich das Mühlenrad 27mal langsamer als der Mühlenstein.

Ein Stein, der aber 27mal in einer Minute herumläuft, giebt, der Erfahrung zufolge, noch kein gutes Mehl; aber zu Verfertigung der Graupen immer geschwinde genug, so daß uns diese Eintheilung im Ganzen genommen, mit der Ausführung übereinzukommen scheint.

## Die horizontale Wassermühle.

341.

Diese Arten von Mühlen, giebt es eine große Anzahl in Norwegen und Schweden. Die Mühle hat weder Trilling noch Kammrad, sondern gleich an der Welle des Wasserrades befindet sich der Mühlstein. Das Wasserrad liegt horizontal, und führt den Namen, des Löffelrades. Das Wasser fällt mit einer beträchtlichen Geschwindigkeit auf die Schaufeln des Rades, und treibt mit eben der Geschwindigkeit den Mühlstein herum.

Diese hier erklärten Mühlen, sind die vornehmsten, die zum Mahlen des Getreides gebraucht, und

von der Kraft des Wassers in Bewegung gesetzt werden.

## Von den Windmühlen.

### 342.

Ein Rad an einer Welle muß eine beträchtliche Fläche haben, wenn es von dem Winde, der nach der senkrechten Richtung seiner Welle auf ihn fällt, herumgetrieben werden soll. Zwei Bäume, oder sogenannte Windruthen, gehen senkrecht durch den Kopf der Welle, und bilden auf diese Weise die vier Windflügel. Diese sind in einer bestimmten Entfernung von dem Mittelpunkt der Welle mit Löchern durchbohrt, wodurch hölzerne Sprossen durchgesteckt sind, die eben so breit als die Flügel sind. Diese Flügel werden entweder mit Seegeltuch überspannt, oder mit Schilf ausgeflochten, oder auch mit dünnen Brettern bedeckt. Die Welle, woran 80füßige Ruthen befestiget sind, wird der vordere Theil, der Kopf der Wellt, etwa 3 Fuß, und an einer Welle, die mit 60füßigen Ruthen versehen ist, wird der vordere Theil 2 Fuß in Quadrat groß gemacht. Die Welle muß eine solche Lage haben, daß der vordere Theil 2 bis 3 Fuß höher liegt als der hintere. Eine Ruthe von 80 Fuß Länge muß in der Mitte ohngefähr 15 bis 16 Zoll, an beiden Enden 5 Zoll im Quadrate halten; hingegen eine Ruthe von 60 Fuß Länge muß in der Mitte 11 bis 12 Zoll, und an den Enden 4

Zoll

Zoll im Quadrate halten. Die Ruthen werden vorne ganz grade gemacht, und nehmen nach dem Ende zu, ab. Die Heckenlöcher werden 1 Fuß von einander, 3 Zoll lang und 1 Zoll breit, in die Ruthen angebracht.

343.

An der Welle befindet sich ein Kammrad, das in einen Trilling eingreift, dessen Axe vertikal steht, und zugleich, wie bei den Wassermühlen, einen Stein herumtreibt. Einer Windmühle, welche 80 Fuß lange Ruthen hat, giebt man ein Kammrad von 9 bis 10 Fuß im Durchmesser; einer von 60 Fuß lange Ruthen, erhält ein Kammrad von 8 bis 9 Fuß. Die Abtheilung der Kämme fällt zwischen 5 und $5\frac{1}{2}$ Zoll. Das Kammrad hält bei den großen Mühlen 71 oder 73, bei den kleinern aber 61 oder 63 Kämme oder Zähne. Die Köpfe der Kämme haben, bei $5\frac{1}{2}$ Zoll Abtheilung, eine Länge von 5 Zoll und eine Breite von $3\frac{1}{2}$ Zoll. Der Wind muß mit der Axe der Flügel parallel gegen die Flügel stossen, und deswegen muß die Axe auf einem beweglichen Lager liegen, damit man sie so wenden könne, wie es die jedesmalige Richtung des Windes erfordert. Diese Bewegung geschieht entweder nun so, daß sich die ganze Mühle um eine Welle dreht, (Bocksmühlen) oder auch nur der obere Theil der Mühle, die Haube, herumgedrehet wird. (Holländische Mühlen) Hierauf beruht der schon oben angegebene

## Unterschied zwischen deutschen und holländischen Mühlen.

344.

Die Haube oder das Dach einer holländischen Mühle liegt auf einen großen runden Ring oder Rahmen, dessen innerer Umfang mit Zähnen verse hen ist, worin ein Trilling greift, dessen Welle ent: weder nach Art eines Haspels mit Speichen versehen ist, womit man alles drehen kann, oder mit einem Stirnrade, worin von neuem ein Getriebe mit einer Kürbel greift. Unter diesen Ring ist ein anderer befestiget, und mit einer hinlänglichen Anzahl kleiner meßingener Walzen oder Rollen versehen: (Roll: ring) dieser Ring mit dem Dache ruhet auf einem dritten Ring, auf welchem die kleinen Walzen in einer Vertiefung laufen, wenn alles vermittelst der erwähnten Kürbel in Bewegung gesetzt wird. Auser dieser Bewegung des Dachs muß bei jeder Mühle noch eine Vorrichtung angebracht sein, wodurch die Flügel in ihrer Umdrehung gehemmt oder aufgehalten werden können. Das geschieht durch einen großen hölzernen Cirkelbogen, der das Kammrad an der Hauptwelle bis auf die Hälfte umschließt. Diese Vorrichtung heißt die Premse. Auf dem Umfang des Rades wird er folgendermassen aufgelegt. Das eine Ende desselben ist um einen Zapfen beweglich, und an dem andern hängt ein schweres Gewicht an dem kurzen Arme eines Hebels, der neben der Premse angebracht ist, herunter. An dem langen Arm dieses

Hebels

Hebels hängt ein Seil in die Mühle herab, vermittelst dessen die Premse gehoben und niedergelassen werden kann. Im letzten Fall liegt die ganze Last des angehängten Gewichts auf dem Umfang des Rades, und hemmt den Umlauf desselben.

345.

Um die Einrichtung einer Windmühle noch besser einzusehen, fügen wir der obigen Beschreibung noch folgende Erklärung der beiden Figuren, (Fig. 63 u. 64) bei, wovon die eine eine holländische Graupenmühle, die andere eine Bocksmehlmühle vorstellt. Die große Hauptwelle A mit den Windruthen. An dieser Welle liegt das Kammrad B, welches in das Getriebe oder in das kleine Kammrad C der verticalen Welle D greift, und diese herumtreibt. An der Welle befindet sich das große Stirnrad E, das zu beiden Seiten in zwei Trillinge, F und G, die an verticalen Wellen sind, eingreift, und beide mit den daran befindlichen Mühlensteinen herumführt. Diese heissen die Pellsteine, und daher die Welle, die Pellwelle. Diese Steine liegen auf ihren Unterlagen gg, und sind mit dem Steg h versehen. H ist der oben erwähnte Hebel, womit die Premse, oder der Fang um das Kammrad geklemmt, oder losgemacht wird. Fig. 64 stellet den Durchschnitt der Bockmühle von der Seite dar. Hier ist A die Welle mit den dazugehörigen Ruthen und dem Kammrade B, das in das Getriebe C, an der senkrechten Welle D des Mühlsteins E, greift. F ist der Durchschnitt

des

des Rumpfs und G der Bodenstein. H die Walze, um welche die ganze Mühle sich drehen läßt, mit dem dazugehörigen Gestelle I. Durch den Hebel K geht diese Umdrehung vor.

346.

Was die Theorie der Windmühle, in Rücksicht ihrer Bewegung durch die Luft betrift, so können wir nur einzelne Resultate hersetzen, die sich theils auf Erfahrungen, theils auf höhere Rechnung, die hier unsers Plans gemäß, nicht erklärt werden können, gründen. Nach Muschenbroeck nimmt man an, daß das Moment des Windes sich wie das Produkt der Luftmasse in das Quadrat der Geschwindigkeit, verhalte. Hiernach müssen sich die Geschwindigkeiten von Wasser und Luft, wenn beide gleiche Wirkung thun sollen, wie die Quadratwurzeln aus ihren eigenthümlichen Schweren verhalten. Setzt man die eigenthümliche Schwere der Luft in der Nachbarschaft von der Oberfläche der Erde $\frac{1}{800}$ zu der Schwere des Wassers, so ist das Verhältniß etwa wie 1 : 30. Ist die Luft leichter, so muß sich nothwendig dieses Verhältniß ändern, und die Versuche geben, daß die Luft sich 24mal geschwinder bewegen müsse als das Wasser, um mit diesem gleiche Wirkung auf eine ebene Fläche zu thun. Nun ist nach de la Hire die Kraft des Stoßes eines fließenden Wassers dem Gewichte einer Wassersäule gleich,

welche

welche die gestoßene Ebene zur Grundfläche, und die der Geschwindigkeit zugehörige Höhe, zur Höhe hat.

347.

Wenn demnach das Wasser sich mit einer Geschwindigkeit von einem Fuß in einer Secunde bewegt, so ist die dazugehörige Höhe fast $\frac{1}{60}$ Fuß gleich. Denn die dazugehörige Höhe eines freifallenden Körpers ergiebt sich aus der schon im vorhergehenden angeführten Formel $\frac{c^2}{4g}$. c bedeutet die Geschwindigkeit, und g = 15, 625 R. Fuß. Ist c also 1 Fuß, so ist die dazugehörige Höhe = $\frac{1}{62\frac{1}{2}} = \frac{2}{125}$ beinahe $\frac{1}{60}$ Fuß. Demnach ist die Wirkung auf einen Quadratfuß = $\frac{1}{60}$ Cubicfuß. Rechnet man den Rheinl. Cubicfuß zu 64 ℔; so ist $\frac{1}{60}$ Cubicfuß = $1\frac{1}{15}$ ℔. Eben diese Kraft äussert auch der Wind, der in einer Secunde einen Weg von 24 Fuß durchlegt. Bewegte er sich in eben der Zeit durch einen Weg von 48 Fuß, so würde die Wirkung 4mal so groß, auf eine Fläche von 1 Quadratfuß

dratfuß sein; also bei einer Geschwindigkeit von 72 Fuß 9mal so groß u. s. w. weil sich die Wirkung wie das Quadrat der Geschwindigkeit verhält. Hieraus kann man also folgenden Schluß ziehen: daß der Druck des Windstoßes gegen ebene Flächen, die entweder nach senkrechten oder nach schiefen Richtungen (welches der Fall bei den Windflügeln ist) trift, so groß ist, als ein Produkt, das aus der Grundfläche, der Höhe, welcher der Geschwindigkeit des Windes zukömmt, und dem Gewichte eines Cubicfußes Luft besteht.

Diesen Effect wollen wir mit dem Herrn Hofrath Karsten, (Lehrbegrif der gesammten Mathem. 6r Thl, Penevmatik, XI. Abschn.) P nennen; v = der Höhe, die der Geschwindigkeit des Windes zukommt, die Fläche = $a^2$ und G das Gewicht von einem Cubicfuße Luft; so ist

$$P = G\, a^2\, v.$$

Beispiel. Die ebene Fläche sei = 4 Quadratfuß = $a^2$; die Geschwindigkeit des Windes = 25 Fuß, so ist die dazu gehörige Höhe = $\frac{25^2}{62\frac{1}{2}} = \frac{1250}{125}$ = 10 Fuß = v, und G = $\frac{1}{800}$ von 64 ℔ = $\frac{8}{100}$ ℔ für ein Rheinl. Cub. Fuß Luft;

folglich $P = \frac{8}{100} . 4. 10 = \frac{320}{100} = 3\frac{1}{5}$ ℔.

348.

Nach der Theorie ergiebt sich obige Formel, wenn die Luft in einer senkrechten Richtung auf eine unbewegliche Fläche fällt; aber in der Ausübung stimmt sie nicht überein, sondern da giebt sie den Effect noch zu klein an. Die Luft, welche sich der Fläche nähert, wird dichter, oder erhält mehr Federkraft. Hingegen die Luft hinter der Fläche wird weniger dicht. Es entsteht gewissermassen hinter der Fläche ein leerer Raum. Die Praktiker nehmen an, daß bei einer Fläche von 1 Quadratfuß, die Luft hinter der Fläche in einer Entfernung von 6 Fuß zusammenkömmt. Bei einer Fläche von 9 Quadr. Fuß, trift die Entfernung auf 12; bei 25 Fuß Fläche, auf 18 Fuß ein. Hieraus folgt, daß die Entfernung jedesmal um sechs Fuß wächst, wenn die Seite des Quadrats nach den ungraden Zahlen zunimmt. Hieraus leitet man auch den Abstand zweier Windmühlen, ohne daß sie einander den Wind nehmen, ab, und Clauß en in seiner schon oben erwähnten Preißschrift, setzt diese auf 3000 Fuß in einer geraden Linie. Diesem nach ist die Luft merklich dünner hinter einer Fläche als vor derselben, und daher muß nothwendig die Fläche stärker gedruckt werden, als die Theorie derselben angiebt. Stellte dieser vermehrte Druck den Factor b vor, so ist $P = b, G\, a^2\, v$. Dieses b muß durch Versuche ausgemacht werden.

349.

349.

Schober hat sehr viele Versuche über den Windstoß angestellt, und aus diesen ergiebt sich daß die zuerst gefundene Formel von P nicht mit dieser Erfahrung übereinkomme. Allein aus eben diesen hat man den Werth von b zu bestimmen gesucht. Der verstorbene Herr Hofrath Karstens findet für $b = 1,54$.

350.

Die bisherige Untersuchung über den Stoß des Windes betrift nur den graden; aber das ist nicht der Fall bei der Bewegung der Windflügel. Auf diese muß der Wind, wenn die Flügel sich drehen sollen, unter einen Winkel einfallen, der kleiner ist als 90°. Diesen Winkel, unter welchen der Effect am größten ist, hat man auf 54° 44′ gefunden. Herr Rath Langsdorf glaubt aber, daß man sich grade in dieser Rechnung geirrt habe, und setzt ihn zu 35° 16′ als der Ergänzung des erstern zu 90°. Dem sei wie ihm wolle, so ist, wenn die Richtung des Windes mit der Fläche einen Winkel = D macht, die Kraft $P = b\ G\ a^2\ v\ \sin.\ D^2$. Auf diesen Winkel kömmt es vorzüglich bei der Bewegung der Windflügel an. Denn es ist die Neigung der Flügelfläche gegen die Umlaufs-Axe. Aus der großen Länge der Flügel kann man schon abnehmen, daß der Wind eine ungleiche Wirkung auf diese äussern müße. Die Stellen, welche am weitsten von der Welle liegen, bewegen sich geschwinder, als die, welche näher dabei sind. Indessen kömmt doch das meiste auf den Neigungswinkel an.

Wenn man nun diesen Winkel zu 54 ° 44′ annimmt, so ist zu Anfang der Bewegung, oder falls der Wind unter diesem Winkel zuerst auf den ruhenden Flügel fällt, zwar die größte Wirkung da, aber dieses ändert sich, sobald die Flügel in Bewegung sind, und die Wirkung fällt desto größer aus, je näher der Neigungswinkel dem rechten Winkel kommt.

## Berechnung einer Windmühle.

### 351.

Aus der Formel b C tang d ergiebt sich die Geschwindigkeit der Kraft, welche den Flügel herumtreibt. Diese Geschwindigkeit sei a; b = 0, 54, C = der Geschwindigkeit des Windes in einer Secunde = 24 Fuß; d = dem Neigungswinkel = 70°. Demnach ist

1) a = b. C, tang d = 0, 54. 24. 2, 75 = 35, 64 Fuß in einer Secunde.

Nun sei die Länge des ganzen Flügels 40 Fuß; so ist der Umfang des Kreises, den der Flügel beschreibt = 3, 14. 80 = 251, 20 Fuß. Da die Geschwindigkeit der Kraft = 35, 64 Fuß ist, so drehen sich die Flügel in $\frac{251,20}{35,64}$ Secunden = 7 Secunden, einmal herum.

Diese Umdrehungszeit vergleiche man mit der Umdrehungszeit des Läufers. Gesetzt, daß dieser in einer

einer Minute 50 mal herumkomme, so ist dessen Umlaufszeit $= 1\frac{1}{5}$ Secunde, $= \frac{6}{5}$ Sec. Dividirt man also die letztere Zeit in die erste, so erhält man die Geschwindigkeit der Mühlenflügel. Das ist

$$\frac{7}{\frac{6}{5}} = 7. \frac{5}{6} = \frac{35}{6} = 5, 83.$$

In eben diesem Verhältnisse muß auch die Zahl der Kämme des Kammrades, gegen die Zahl der Triebstöcke des Trillings, stehen. Hält das Kammrad an der Mühlenwelle 71 Zähne, so muß der Trilling $\frac{71}{5,83}$ Stöcke, das ist etwa 12 Stöcke haben.

352.

Nun bezeichne man die Kraft, welche an den Flügel greift mit P; die Geschwindigkeit derselben $=$ a $=$ 35, 64 Fuß, die Last $=$ Q $=$ dem 52sten Theil von dem Gewichte des Mühlensteins. Dieser wiege 4838 ℔; so ist $Q = \frac{4838}{52} = 92$ ℔. Des Steins Durchmesser sei $=$ 5 Fuß, so ist der Umfang desselben $=$ 5. 3, 14 $=$ 15, 7 Fuß; davon werden in 50 Secunden 15, 7. $\frac{5}{6}$ Fuß $=$ 13, 1 Fuß zurückgelegt $=$ b. Aber aus dem vorigen weiß man, daß das Moment der Kraft dem Momente der Last gleich sein muß. Also ist P a $=$ Q b.

Demnach 2) $P = \frac{Q.\,b}{a} = \frac{9^{\text{Pf}}.\,13,\,1}{35,\,64} =$

33, 8 Pfund.

Diese Kraft gehört für alle vier Flügel; folglich wird jeder mit 8, 45 Pfund angegriffen.

353.

Zu diesem Gewichte muß man 3) den cubischen Inhalt der Luft berechnen. Wir wollen hier die

Schwere der Luft zu $\frac{1}{800}$ der Schwere des Wassers

annehmen, so ist das Gewicht von einem Cubicfuß

Luft $= \frac{64}{800} = \frac{4}{50} = \frac{2}{25}$ ℔. Also $8,45 : \frac{2}{25}$ ℔ $=$

105, 62 Cubicfuß Luft. Diese drückt auf jeden Flügel. Dazu muß man nun die Höhe zu berechen suchen. Die Höhe haben wir im vorigen beständig

aus $\frac{c^2}{4g}$ gefunden; aber diesen Ausdruck können wir hier nicht gebrauchen, sondern dazu muß ein anderer gefunden werden. Diesen hier aber zu finden, würde die Grenze unsers Vorhabens überschreiten. Herr Hofrath Karstens theilt zu diesem Ende folgende Formel mit:

4) Die gesuchte Höhe ist

$$= \frac{e.\,f.\,C^2 \sin.d^2 \cos.d}{4\,g\,a}.$$

354.

Um diese Formel zu verstehen, so muß man erstlich wissen, was die verschiedenen Ausdrücke für eine Bedeutung haben; alsdann sie aufzulösen suchen. e bedeutet einen durch die Theorie und Erfahrung herausgebrachte Größe, welche = 0, 43 ist. Diese Größe bleibt also in jedem Fall dieselbe. f ist die Entfernung des Flügel Schwerpunkts von der Welle. Diese Entnung ergiebt sich aus der Länge des ganzen Flügels, oder ist der Linie A E (Fig. 65) gleich, die wir durch a bezeichnen wollen. Von der Welle E bis zum Anfange der Sprossen des Flügels, oder die Linie E B sei = b. In G liege der Schwerpunkt, so daß B G

$$= A\,G \text{ ist. Folglich ist } B\,G = \frac{a - b}{2}.$$ Denn

A B, die Entfernung der untern Sprosse von der obern Sprosse des Flügels ist = A E — B E = a — b; also muß B G = A G, die Hälfte von dieser Größe sein. Legt man nun zu B G, B E, so hat man B E

$$= f; \text{ das ist: } \frac{a-b}{2} + b = \frac{a+b}{2}.$$

Nun

Nun ist a = 40 Fuß; b wollen wir zu 4 Fuß annehmen, so ist $f = \frac{40 + 4}{2} = 22$ Fuß. In dem Nenner der Formel kommt noch mal a vor; folglich ist $\frac{f}{a} = \frac{22}{40} = \frac{11}{20}$ Fuß. Ferner ist C die Geschwindigkeit des Windes; also $C^2 = 24^2 = 576$, und $4g = 62,5$ Fuß. Demnach ist $\frac{f\,C^2}{4\,g.\,a} =$

$\frac{11 \,.\, 576}{20 \,.\, 62,5} = 5,068$ Fuß.

Ferner ist der Winkel $d = 70°$; also der sinus $d = 0,9377$ und $\sin. d^2 = 0,8830$. Der Cosinus $d = 0,3420$, mithin $\sin. d^2 \cos. d = 0,8830.$ $0,3420 = 0,3019$. Multipl. man dieses Produkt mit $e = 0,43$, so ist $e \sin. d^2 \cos. d = 0,1298$. Daher ist

5) Die Höhe $= \frac{f\,C^2}{4\,g\,a}$. $e \sin. d^2 \cos. d =$

$5,068 \,.\, 0,1298 = 0,6578$ Fuß.

Diese Größe dividire man in den oben gefundenen Inhalt (353) = 105, 62 Cub. Fuß, so giebt der Quotient 6) die Größe der Flügelfläche an. D. i.

$\frac{105,62}{0,6588} = 160,5$ Quadratfuß. Dividirt man

diese durch die eigentliche Länge des Flügels = 36 Fuß, so ergiebt sich 7) die Breite desselben, welche

$$\frac{160,5}{36} = 4,45 \text{ Fuß ist.}$$

Bei dieser Rechnung ist die Friction der Theile, die bei der Maschine vorkommen, ausgelassen worden. So viel als diese beträgt, muß noch zu der Last hinzugesetzt werden.

## Berechnung der Roß- und Handmühlen.

355.

AB (Fig. 66) sei eine senkrecht stehende Welle, die durch den langen Arm CD, mittelst eines Pferdes, welches an D, nach der Tangente des Kreises zieht, herum gedreht wird. An dieser Welle befindet sich das Sternrad EF, dessen Zähne zwischen die Stöcke des Trillings G, eingreifen, und den Mühlstein H in Bewegung setzen. Das Rad, welches sich an der Welle AB befindet, kann auch ein Kammrad sein, und in einen horizontalliegenden Trilling eingreifen, an dessen Axe, eine ebenfalls horizontalliegende Welle liegt, die mittelst sogenannter Däume, senkrecht stehende Stampfen in die Höhe hebt, und bald darauf wieder fallen läßt. Die letzte Einrichtung kömmt allgemein mit einer Stampfmühle überein.

356.

Bei einem horizontalen Zuge haben, wir dem Pferde (273) eine Kraft von 175 Pfund beigelegt. Für

diese

diese Kraft erhält das Pferd (273. Anmerk.) eine Geschwindigkeit von 4 Fuß in einer Secunde. Das Produkt beider Grössen, bestimmt also das Moment der Kraft = P a. Nun müssen wir auch das Moment der Last oder des Widerstandes zu finden suchen. Wir wollen zu dem Ende annehmen, unsere Stampfmühle soll eine Mehlmühle sein, einen Läufer von 4 Fuß im Durchmesser haben, und 50 mal in einer Secunde herumgehen. Der Umfang des Läufers ist demnach = 3, 14 . 4 = 12, 56 Fuß. Da der Läufer in $\frac{1}{5}$ Secunden einmal herumkömmt, so ist die Geschwindigkeit für eine Secunde = $12,56 . \frac{5}{6} = \frac{62,80}{6}$

= 10, 46 Fuß. Diese Geschwindigkeit kommt der Last, oder dem Widerstande des Getreides zu, und ist = b. Nun heiße Q der Widerstand; folglich ist das Moment der Kraft, dem Momente der Last, wie hier und in der ganzen Mechanik, einander gleich.

Also $P a = Q b$ und Q ist daher $= \frac{Pa}{b}$.

P = 175; a = 4 Fuß, b = 10, 46 Fuß; folglich

$Q = \frac{175 . 4}{10,46} = 67$ ℔. Oder mit Worten: dividire das Moment der Kraft, mit der gefundenen Geschwindigkeit des Widerstandes, so giebt der Quotient, den Widerstand.

357.

Ferner sei der Hebel an welchen das Pferd zieht, oder CD = 16 Fuß, so ist der Umfang desselben = 3, 14 . 32 = 100, 48 Fuß. Da sich nun das Pferd mit 4 Fuß Geschwindigkeit in einer Secunde bewegt, so beschreibt dasselbe diesen Kreis in einer Zeit von $\frac{100,48}{4}$ = 25, 12 Secunde. Herr Clauβen nimmt in seiner Preisschrift Seite 61 an, daß ein Pferd, einen Kreis von 20 Fuß im Durchmesser, in Zeit von 15 Secunden beschreibt. Zu 20 Fuß im Durchmesser gehört ein Umfang von 3, 14 . 20 = 62, 80 Fuß. Folglich hat das Pferd eine Geschwindigkeit von $\frac{62,80}{15}$ = 4, 18 Fuß. Dies weicht von der Geschwindigkeit, die wir dem Pferde mitgetheilt haben, nur um $\frac{18}{100}$ Fuß ab.

Also können wir obige Regel, als mit der Erfahrung übereinkommend, für wahr annehmen.

Der Mühlstein kam in einer Zeit von $\frac{5}{5}$ Secunden einmal herum; also verhalten sich beide Geschwindigkeiten, wie $1\frac{1}{5} : 25, 12 = 1, 20 : 25, 12 =$ 1 : 21 beinahe. Das Stirn- oder Kammrad muß demnach 21 mal mehr Kämme haben, als der Trilling Stöcke oder Stäbe. Hat das Stirnrad 166

Kämme,

Kämme, so muß das Getriebe 8 Stäbe haben; weil $\frac{166}{21} = 8$ giebt.

358.

Schon mehrmalen haben wir unsern Lesern erinnert, daß man bei der Anordnung der Räderwerke nicht gerne solche Zahlen wählt, die grade in einander aufgehen, oder wo der eine, ein Factor des andern ist. Auch dieser Regel muß man hier folgen, wie überhaupt bei allen Maschinen, (etwa! die Uhren ausgenommen) geschehen sollte. Die Zähne winden sich nach einander aus, und ein Zahn trift nicht beständig denselben wieder, wie bei einer graden Eintheilung der Fall ist; auch erhalten sie dadurch ihre wahre Gestalt, die sie gleich anfangs haben sollte, und die nicht jeder Arbeiter ihnen zu geben im Stande ist. Dividirt man daher die gefundenen beiden Zahlen, 25, 12 und 1, 20 mit einander, so ist der eigentliche Quotient nicht 21, sondern $20\frac{14}{25}$, und mit dieser Zahl hat man die Anzahl der Stäbe des Trillings, zu multipliciren, um die Anzahl der Zähne des Stirnrades zu finden.

359.

In den vorhergehenden Beispielen haben wir, nach Belidor, den Widerstand des Getreides auf den 52sten Theil von dem Gewichte des Mühlensteins ange-

angegeben, und da wir in unserm Beispiele, den Widerstand auf 67 ℔ gefunden haben, so ist das Gewicht des Läufers, unserer Voraussetzung zufolge, = 67 ℔. 52 = 3484 ℔. Wiegt der Cubicfuß von dieser Steinmasse 164 ℔, so ist der körperliche Inhalt des

$$\text{Steins} = \frac{3484}{164} = 21,24 \text{ Cub. Fuß.}$$

Hieraus läßt sich nun leicht die Höhe des Steins finden, da uns der Durchmesser desselben bekannt ist, also die Fläche daraus gefunden werden kann, und diese Fläche in den Inhalt dividirt, giebt zum Quotienten die Höhe des Steins. Hier ist die Rechnung selbst. Da der Durchmesser 5 Fuß ist, so haben wir

$$200 : 157 = 5^2 : 19,625 \square \text{ Fuß.}$$

Ferner:

$$\text{Die Höhe ist} = \frac{29,24}{19,625} = 1,082 \text{ Fuß, etwa}$$

1 Fuß 1 Zoll.

## Die Handmühlen.

### 1360.

Folgendes enthält die Einrichtung einer solchen Mühle A (Fig. 67 Tab. VI.) sei eine Kürbel, an deren Axe sich das Kammrad B befindet. Dieß greift in den Trilling C, an dessen Axe sich der Mühlstein befindet. Um die Bewegung gleichförmiger, sowohl für die Kraft als die Last zu erhalten, befindet sich an

der

der Kürbel-Axe und an der des Mühlsteins, ein Schwungrad K L und M N.

361.

Nun nehme man an, daß eine Person an die Kürbel angreife. Bei einer solchen Richtung haben wir dem Menschen nur eine Kraft von 25 Pfunden, und eine Geschwindigkeit von 2 Fuß in einer Secunde beigelegt; durch beide Stücke ist also das Moment oder Effect der Menschenkraft gegeben. Die Geschwindigkeit des Läufers sei wieder, wie bei der Roßmühle, 50 mal in einer Minute, oder derselbe komme in $1\frac{1}{5}$ Sec. einmal herum. Nun sei der Durchmesser des Steins 2 Fuß; so ist der Umfang desselben $= 3,14 \cdot 2 = 6,28$ Fuß; also die Geschwindigkeit der Last $= \frac{6,28}{1\frac{1}{5}} = 5,23$ Fuß. Demnach haben wir für Q, als den Widerstand des Getreides $= \frac{P a}{b}$

$$= \frac{25 \cdot 2}{5,23} = 9,56 \text{ ℔.}$$

362.

Ferner sei der Halbmesser, oder die Länge der Kürbel 1 Fuß, so ist der Umfang des Kreises, den die Kürbel während der Umdrehung beschreibt, $= 6,28$ Fuß in einer Secunde, und kommt also die Kürbel in 3,14 Secunden einmal herum. Der Umlauf des Läufers war 1, 20 Secunden, also verhalten sich beide zu

ein-

einander, wie 3, 14 : 1, 20 $= 2\frac{37}{60}$ : 1. Oder,

das Kammrad muß $2\frac{37}{60}$ mal mehr Kämme bekommen, als der Trilling Stäbe hat, wenn beide Geschwindigkeiten Statt haben sollen. Den Widerstand haben wir zu 9, 56 Pfund gefunden, mithin ist das Gewicht des Steins $= 9, 56 . 52 = 497, 12$ Pfund. Der Cubicfuß von der Materie wiege 164 Pfund; folglich ist der körperliche Inhalt des Steins $= 497, 12 : 164 = 3$ Cubicfuß. Die Grundfläche des Steins ist $= 0, 785 . 4 = 3, 14$ Quadratfuß.

Also die Höhe $= \frac{3 \text{ Cubicf.}}{3, 14} = 0, 955$ Fuß $= 11\frac{1}{2}$ Zoll.

363.

Bei Maschinen, deren Bewegnng ungleichförmig ist, bringt man sogenannte Schwungräder an. Dies war der Fall bei der so eben berechneten Handmühle.

Selbige hatte sowohl ein Schwungrad an der Axe des Trillings, der den Mühlstein herumführte, als auch an der Axe der Kürbel, durch welche die ganze Maschine in Bewegung gesetzt wurde. Man muß, nach dem Rathe des sel. Hofr. Karstens, bei dem Anbringen eines Schwungrades, folgende Regeln beobachten:

1)

1) Das Schwungrad muß seinen Schwerpunkt genau in der Umlaufsaxe haben, da es denn eben so viel ist, als wenn es blos träge, gar nicht schwer wäre. 2) Die meiste Masse desselben wird am Umfange vertheilt. 3) Die Figur desselben ist ziemlich, wiewohl wegen des Widerstandes der Luft nicht ganz gleichgültig, denn es muß der Luft nicht zu viel Fläche entgegensetzen. 4) Das Schwungrad wird an derjenigen Stelle der Maschine, welche am schnellsten umläuft, zuerst in Bewegung gesetzt.

364.

Ist nun das Rad einmal in Umlauf, so ist der Erfolg, daß es seine Umlaufsbewegung, nach dem Gesetze des Beharrungsvermögen, ununterbrochen fortsetzt, wenn nicht die Friction und andere Hindernisse sie verzögern. Wenn nun das Moment des Widerstandes, den die Maschine überwinden soll, vielleicht nicht immer einerlei ist, und die Kraft nun den Umlauf mehr beschleunigen würde, so gehört dazu etwas Zeit, und bevor diese verflossen ist, nimmt der Widerstand wieder zu, mithin bleibt die Geschwindigkeit des Umlaufs ziemlich unverändert.

Bei den Wasser- und Windmühlen vertreten die großen Räder und langen Flügeln selbst die Stelle der Schwungrädern. Und dies ist überhaupt der Fall mit jedem schweren Rade.

365.

365.

Herr Clauſſen beſchreibt in ſeiner ſchon oft erwähnten Preißſchrift eine Handmühle, die vermittelſt eines Rades getrieben, und von einer Perſon, wie ein Schleifſtein, umgedrehet wird, nachſtehendes: — Um die Welle, welche mit der horizontalen Kürbel umgedrehet, wird ein Kammrad von 61 Kämmen, 2 Zoll Abtheilung, und auf den Stein ein Getriebe von 15 Stäben geſetzt. Kann die Mühle ſo zu ſtehen kommen, daß man neben den Seiten Platz genug hat, ſo kann auf jeden Ende der Welle ein Dreher oder Kürbel angebracht werden, damit ſie von zwei Perſonen gedrehet werden können. Die Kürbel müſſen vom Mittelpunkt der Welle 12 Zoll abſtehen, auch ſo an die Welle befeſtiget werden, daß die Kürbel in einer entgegengeſetzten Richtung liegen. Die Sichtkiſte wird $4\frac{1}{2}$ Fuß lang, und $1\frac{1}{2}$ Fuß breit gemacht. Unter dem Stein auf die eiſerne Spille wird eine Schwung-Scheibe von 6 Zoll im Durchmeſſer geſetzt. Der Sichtdreher muß 1 Zoll Schwung haben, damit ſelbiger die Sichte 2 Zoll hin und her ſchiebe. Wir haben dieſer Beſchreibung eine Figur (Fig. 68 Tab. VI.) beigefüget, damit der Leſer dieſe Einrichtung näher kennen lernen möge, weil, wie ſie uns vorkommt, zu dem gewöhnlichen Gebrauch ſich mehr empfiehlt als die, welche wir oben beſchrieben haben. Nach dem Ueberſchlage, den Herr Clauſſen darüber angeſtellet hat, kommt die Mühle etwa auf 15 Rthlr. unſers Geldes.

Die

## Die Stampfmühlen.

### 366.

Der Zweck dieser Mühlen ist, wie schon oben bei der Eintheilung der Mühlen allgemein bemerkt worden ist, etwas zu zerstoßen oder zu schlagen. Das letztere geschieht durch schwere Hammer in den sogenannten Hammerwerken. Von beiden soll hier das Nöthige beigebracht werden.

Zu dem Ende stelle AB (Fig. 69), der Durchschnitt eines Stampfers vor, der durch die Scheidelatten a und b, und c und d, in einer senkrechten Lage erhalten wird. C sei der Durchschnitt der Daumwelle, die mit Däumen versehen ist, wodurch der Stampfer AB in die Höhe gehoben wird. An dem Stampfer befindet sich nemlich eine Hebelatte g f, der Daum e, hebt durch diese den Stampfer in die Höhe, indem sich die Welle herumdreht, und läßt ihn, sobald er die Hebelatte verläßt, wieder fallen. Er fällt alsdann in den Grubenstock D, in welchem dasjenige liegt, was zerstoßen werden soll.

### 367.

Wir wollen annehmen, die Mühle habe 8 Stämpfer, und jeder sollte, während einmaliger Umdrehung der Welle, dreimal gehoben werden, so müßte die Welle 24 Däume haben. Dividirt man also 360 Grad, als den Umfang der Welle, durch 24, so steht jeder Daum von dem andern um einen Bogen

von

von 15 Grad ab. Man braucht also nur nach der Entfernung dieses Bogens, 24 Linien, längs der Welle zuziehen, und auf jede dieser Linien einen Daum zu setzen. Da hier jeder Stämpfer zweimal gehoben werden soll, so müssen sich in jedem Querschnitte der Welle, zwei Däume befinden. Sollen 4 Stämpfer zugleich gehoben werden, so muß jeder Daumen einen Winkel von 60 Grad beschreiben, ehe er seinen Stämpfer fallen läßt.

368.

Um diese Stampfmühle zu berechnen, so setze man die Daumwelle komme zehnmal in einer Minute herum. (Die Umlaufszeit der Welle in einer Minute muß man bei der Einrichtung einer Stampfmühle als bekannt, voraus setzen). Nachdem der 24ste Theil ($2\frac{1}{2}$ Sec.) dieser Zeit verflossen, so wird der zweite Stämpfer gehoben. Bei unserer Mühle sollen 4 Stampfer zugleich an der Welle hängen, folglich ist der $\frac{4}{24}$ste oder der 6te Theil der Umlaufszeit verflossen, wenn der erste wieder niederfällt. Diese Zeit heißt die Erhebungszeit, die man allemal findet, wenn man die Umlaufszeit der Welle mit einem Bruch multiplicirt, dessen Nenner die Zahl aller Daumen, der Zähler aber die Zahl aller Stämpfer ist, die zugleich an der Welle hängen sollen. In unserm Beispiele also $= \frac{4}{24} . 10 = 1\frac{2}{3}$ Secunden. Der Durch-

messer der Welle sei = 1, 5 Fuß, so ist der Umfang derselben = 1, 5 . 3, 14 = 4,710 Fuß. Nun beschreibt jeder Daum einen Bogen von 60° = $\frac{1}{6}$ des

Umfangs = $\frac{4,71}{6}$ = 0, 785 Fuß = 9, 42 Zoll.

Dies sei die Höhe, um welche jeder Stämpfer gehoben werde. Dividiren wir diese mit der vorhin gefundenen Erhebungszeit, so giebt der Quotient die Geschwindigkeit der Last.

Also $\frac{9,42}{1\frac{2}{3}}$ Zoll = $\frac{2826}{500}$.

369.

Der Widerstand, oder die Last dieser Stampfmühle ist das Gewicht eines Stampfers mit der Anzahl multiplicirt, die zugleich an der Welle hängen. Wir wollen bei dieser Mühle das Gewicht eines Stampfer zu 30 Pfund annehmen. Dies beträgt für 4 Stampfer = 120 Pfund. Multipliciren wir nun dieses Gewicht mit der vorhin gefundenenen Geschwindigkeit, so erhalten wir das Moment der Last.

Demnach $\frac{2826}{500}$ . 120 = $\frac{339120}{500}$ = 678 Pfund.

Diese Stampfmühle liesse sich zu Noth durch ein einziges Pferd herumtreiben, da wir oben gezeigt haben, daß das Moment des Pferdes = 175 . 4 = 700 Pfund ist.

370.

370.

Bei einem größern Gewichte der Stämpfer läßt man die Mühle durch ein paar Pferde abwechselnd herumtreiben, oder wenn man Wasser hat, noch lieber durch ein Wasserrad in Bewegung setzen. Uebrigens erhält die Daumwelle ihre Bewegung entweder von einem Zughebel, oder von einem Wasserrade, dnrch ein Kamrad an der Welle desselben, welches in einen Trilling an der Daumwelle eingreift. Wird die Mühle durch ein Pferd in Bewegung gesetzt, und dieses zieht an einem 16 Fuß langen Zughebel, so beschreibt das Pferd einen Kreis von 32 . 3, 14 = 100, 48 Fuß im Umfang. Dividirt man diesen mit 4 Fuß Geschwindigkeit für eine Secunde, so wird dieser Kreis in 25, 12 Secunden von dem Pferde zurückgelegt. Nun soll, in unserm Beispiele, die Daumwelle 10 mal in einer Minute herumkommen, das heißt, sie kommt in 6 Secunden einmal herum; so müssen sich demnach die Geschwindigkeiten zu einander, wie $25,12 : 6 = 4\frac{14}{75} : 1$ verhalten; oder das Kammrad muß $4\frac{14}{75}$ mal mehr Kämme bekommen, als der Trilling Stöcke hat.

371.

Ehe wir weiter gehen, wollen wir noch etwas von der Gestalt der Däume voran gehen lassen. Denn,

wenn diese, nach der gewöhnlichen Art, nur aus graden, vorne etwas abgerundeten Zapfen bestehen, so können sie nicht gleichförmig auf den Stampfer wirken. Es findet bei der Bewegung der Däume eben dasselbe Statt, das wir schon oben (127 u. 128) von der Figur der Kämme und der Zähne bei der Eintheilung und Verfertigung der Räder, bemerkt haben. Die Figur der Däume müssen nach einer krummen Linie geformt werden, wenn sie sich auf die leichteste Art bewegen sollen. Diese Gestalt läßt sich folgendermaßen beschreiben.

372.

Es sei ADEB (Fig. 70) ein Kreis, dessen Mittelpunkt C ist. Um den Halbkreis A D B stelle man sich einen Faden gelegt vor, welchen man von B an abwickelt, so wird das Ende dieses straff angezogenen Fadens eine krumme Linie B F G beschrieben, welche man durch die Evolution oder Abwickelung des Kreises erzeugte, nennt. Durch die wirkliche Abwikkelung eines um eine dünne Scheibe gelegten Fadens, läßt sich diese Linie bequem und richtig genug zeichnen. Sie ist eine Art der Epicykloide, nach welcher, wie wir oben in der Statik zeigten, die Gestalt der Zähne und der Kämme, wenn sie die Stäbe der Trillinge nur in einem Punkte berühren, ausgearbeitet werden sollten.

373.

Ferner stelle der Kreis A B D E, den Durchschnitt der Welle vor, auf welcher ein Holz oder Daumen

AGBF, befestiget worden. Hat die Welle sich nun um den Bogen DB gedrehet, so ist der Hebezapfen des Stampfers, der auf B lag, nunmehr um DF, oder den dieser Linie gleichen Bogen DB, erhöht, und die Fläche des Hebebaums ist bei F horizontal, weil die krumme Linie in F senkrecht auf DF, als den abgewickelten Bogen DB ist. Bei dieser Einrichtung, wird der Hebezapfen ohne alles Klemmen des Daumens, nnd zugleich gleichförmig gehoben. Man kann den Stampfer um die Linie AG gleich dem halben Umfange der Welle, oder auch nur um DF gleich dem Bogen BD, heben lassen, oder auch um einen grössern Bogen, wie man will, oder wie es die Einrichtung erlauben will.

## 374.

Indem der Stampfer von der Daumwelle in die Höhe gehoben wird, so folgt er nicht einer perpendicularen Richtung, sondern er sucht sich eigentlich um seinen Schwerpunkt zu drehen, welches aber von den Seitenstücken M und m, n und N, verhindert wird. Aber eben dadurch entsteht ein Klemmen desselben, bald an der einen, bald an der andern Seite, oder auch zugleich oben und unten. Daher hat man sehr auf die Friction des Stampfers zu achten. Die Friction wird noch größer und weit beträchtlicher, wenn der Daumen nicht die eben beschriebene Figur hat, weil alsdann ein großes Klemmen zwischen den Daumen und der Hebelatte entsteht.

Die

# Die Papiermühle.

## Geschichte des Papiers.

375.

Unser jetzt gebräuchliches Papier aus Lumpen oder Hadern, stammt wahrscheinlich aus dem 13ten Jahrhundert her. Das erste Papier wurde aus Baumwolle gemacht, und durch die Araber, 704, bei ihren asiatischen Eroberungen bekannt gemacht. Eben durch diese fleißige und industriöse Nation, kam die Kunst Papier zu machen, im 11ten Jahrhundert aus Afrika nach Europa. Die erste Papiermühle von der wir Nachricht haben, war aus Italien, und wahrscheinlich ward diese vom Wasser getrieben. Die älteste, eine Handmühle, soll in Nürnberg gewesen sein.

376.

Papier hat seinen Namen von dem egyptischen Schilfrohr, Papyrus, erhalten. Aus den innern Lagen dieses Rohrgewächses, verfertigten die Egypter ihr Papier. Es muß nicht mit dem Rindenpapier verwechselt werden, das aus dem innern Bast der Bäume verfertiget wurde. Selten nahm man dazu die äussere Rinde, die bei den meisten Bäumen zu hart, und zu uneben ist. Die innere Rinde nennt man Liber, und daher ist auch wohl die lateinische Benennung eines Buches entstanden. Diese Baumrinde bequem bei sich zu führen, pflegte man sie aufzurollen, und eine solche Rolle nennt man Volumen.

Die Unbequemlichkeit bei diesem war, daß die Buchstaben, die darauf geschrieben waren, sich ablößten, und alsdann nicht gut wieder darauf geschrieben werden konnte. In noch älteen Zeiten schrieb man auf Palmblätter; so wie das noch gegenwärtig von den Malabaren geschehen soll. Dieses Rindenpapier ist weit älter und auch stärker als das erste. Das egyptische Papier ist von dem aus der Baumwolle verdrängt worden.

377.

Altes, oder bedrucktes Papier wieder umzuarbeiten, ist eine Erfindung der neuern Zeit; besonders vom Herrn Hofrath Klapproth in Göttingen. Er bediente sich dazu des Terpentinöls und der Walkererde. Gegenwärtig soll man zu eben diesem Zwecke auf einigen Mühlen, die oxigenirte Säure, anwenden. Die Walkererde gebraucht man jetzt mehr als das Terpentinöl. Allein so großen Nutzen hat dieses Papier nicht, als man sich anfangs davon versprach. Denn es giebt nur Lösch- oder Papppapier. Dabei kostet die Verarbeitung mehr, als wenn man dieses aus den bekannten und gebräuchlichen Materialien verfertiget. Statt der Lumpen hat man auch noch viele andere Materialien, besonders aus dem Pflanzenreiche, nicht nur zum Papiermachen vorgeschlagen, sondern auch wirklich versucht, und Proben davon geliefert. Ein Verzeichniß dieser Stoffe findet man in Doctor Böhms, technischer Geschichte der Pflanzen, 2ter Th. S. 470 u. s. w. Auch Herr Schäfer und der

Herr

Herr Hofrath Wehrs haben beide viele Versuche mit ähnlichen Stoffen angestellt, und daraus richtige Resultate geliefert. Durch chemische Versuche wird man in unsern Zeiten wahrscheinlich noch viel weiter kommen, als es unsere Vorfahren, beim Mangel an diesen Kenntnissen, möglich war, zu gelangen. Auch das Velinpapier gehört zu den neuern Erfindungen. Stoffe, die zum Thierreiche gehören, geben ebenfalls Papier. Wenigstens kann man Löschpapier aus wollenen Lumpen verfertigen. Auch sollen die Chinesen ihr bekanntes Seidenpapier, aus den Coccons der Seidenwürmer machen.

378.

Bevor wir zu der Beschreibung der Papiermühlen schreiten, wollen wir noch einzelner Arbeiten erwähnen, die vorher vorgenommen werden. Selbst was die Lage der Mühle betrift, so muß sie von der Art sein, daß sie durchaus keinen Mangel an gutem, klaren und weichen Wasser habe. Denn grade das Wasser trägt am meisten zur Güte des Papiers bei. Wie das Wasser zu untersuchen sei, haben wir schon in diesem 2ten Bande im 1ten Th. (67) hinlänglich erläutert. Eine andre Arbeit, worauf sehr vieles bei der Manufactur ankömmt, ist das Aussuchen der Lumpen. Jede Sorte hat ihren eignen Behälter. Die Lumpen von der feinsten Leinwand geben das beste Papier; und eine schlechtre Sorte, nachdem die Lumpen gröber sind. Die baumwollnen und wollnen Lumpen benutzt man zu Löschpapier. Einige waschen die Lumpen vor-

her

her, nachdem sie die Näthe getrennt, und die Dräthe aus der Leinwand vorsichtig weggenommen haben.

379.

Auf einigen Papiermühlen bringt man die sortirten Lumpen in eine Art von Gährung, oder läßt sie etwas faulen. Zu dem Ende werden dir Lumpen in dazu eingerichteten Gefäßen, mit gutem reinen Wasser eingeweicht, an einen Ort der Mühle hingestellt, wo die Gährung leicht vor sich gehen kann. Die Zeit, wie lange die Lumpen in den Kufen liegen bleiben, um in Gährung zu gerathen, hängt von verschiedenen Umständen ab. So z. B. feine Lumpen gähren schwerer als grobe; neue schwerer als abgenutzte. Während der Gährung müssen die Lumpen oft umgerührt und mit frischem, weichen Wasser begossen werden. Um die Gährung noch mehr zu befördern, setzen viele ungelöschten Kalk zu; doch muß dies mit vieler Vorsicht geschehen, weil zu viel Kalk, die Lumpen angreifen würde. Die Gährung zeigt sich hier', wie bei andern Körpern, durch die Entwickelung der Wärme, die so stark wird, daß man kaum ein paar Minuten die Hand darin lassen kann. Der Nutzen der Gährung soll darin bestehen, daß die Lumpen ein gleichförmiges, mildes, mehr weisses und festes Papier liefern, als wenn man sie nicht der Gährung ausgesetzt hat. Dessen ohngeachtet werden doch auf einigen Mühlen die Lumpen nicht in Fäulniß gebracht, sondern wenn sie ausgesucht worden sind, gleich zerschnit-

ten. Dies geschieht auf vielen deutschen Papiermühlen, durch eine eigne dazu eingerichtete Schneide-Maschine, die viel ähnliches mit einer Tabacksschneide-Maschine, oder auch mit einer Hexellade hat. Herr Hofr. Beckmann hält sie für eine deutsche Erfindung. Sie ist unter dem Namen Lumpenschneider bekannt.

## Beschreibung und Einrichtung des Lumpenschneiders.

380.

A, (Fig. 71) sei entweder ein ober- oder unterschlächtiges Wasserrad, an dessen Welle B, ein Stirnrad C ist, dessen Zähne den Trilling D herumführen. An der Welle des Trillings befindet sich gewöhnlich ein Schwungrad E, welches hier sowohl als bei jeder andern Maschine weiter nichts thut, als daß es der ganzen Maschine, eine gleichförmige Bewegung, mittheilet. Die Welle des Trillings D, endigt sich, oder geht in eine Kürbel F aus, die eine sogenannte Leitstange G H, mittelst eines Gewindes in Bewegung setzt. In eben der Zeit, daß sich der Trilling D herumdrehet, kommt auch die Kürbel F, herum, oder sie beschreibt während dieser Zeit einen Kreis, dessen Halbmesser so groß ist, als die Kürbel. Um diesen Halbmesser schiebt sich also die Stange einmal hinauf, und einmal herunter. An dem obern

Ende

Ende der Leitstange ist eine Hebel I angebracht der die Welle K L, durch die auf- und niederwärts gehende Bewegung der Leitstange herumdrehet. An dem andern Ende dieser Welle ist ein zweiter Hebel M, an welchen eine Schiebstange N, befestiget ist, die vorne mit einer Klaue n, das Sperrad O herumdrehet. Ein solches Rad würde aber wieder zurückgehen, woferne nicht ein anderer Hacken da wäre, (der aber in der Figur nicht zu sehen ist) welcher zwischen die Zähne des Rades einfällt, indem die eiserne Klaue einen andern Zahn des Rades fortschiebt. Dieser Hacken heißt der Sperrhacken.

381.

Ferner ist an der Welle P des Sperrades, eine hölzerne Walze Q, an deren Umfang verschiedene eiserne Schienen angebracht sind. Diese Schienen ziehen die Lumpen, die in einer, nach der Walze zu etwas geneigten, Haderlade liegen, vorwärts, und bringen sie zwischen die beiden Messer R und S, wodurch die Lumpen grob oder fein, nachdem die Messer nahe oder weit von einander gestellet sind, zerschnitten werden. Das untere Messer S, liegt in einem Block T, ganz unbeweglich, kann aber mittelst Schrauben, dem andern so nahe als man will, gebracht werden. Das obere Messer R, wird durch den Rahmen U W, der durch die Leitstange G H, mit der derselbe durch das eine Ende verbunden ist, auf- und heruntergezogen wird, in Bewegung gesetzt. Dieser Rahmen oder

Stange,

ten. Dies geschieht auf vielen deutschen Papiermühlen, durch eine eigne dazu eingerichtete Schneide-Maschine, die viel ähnliches mit einer Tabacksschneide-Maschine, oder auch mit einer Hexellade hat. Herr Hofr. Beckmann hält sie für eine deutsche Erfindung. Sie ist unter dem Namen Lumpenschneider bekannt.

## Beschreibung und Einrichtung des Lumpenschneiders.

380.

A, (Fig. 71) sei entweder ein ober- oder unterschlächtiges Wasserrad, an dessen Welle B, ein Stirnrad C ist, dessen Zähne den Trilling D herumführen. An der Welle des Trillings befindet sich gewöhnlich ein Schwungrad E, welches hier sowohl als bei jeder andern Maschine weiter nichts thut, als daß es der ganzen Maschine, eine gleichförmige Bewegung, mittheilet. Die Welle des Trillings D, endigt sich, oder geht in eine Kürbel F aus, die eine sogenannte Leitstange G H, mittelst eines Gewindes in Bewegung setzt. In eben der Zeit, daß sich der Trilling D herumdrehet, kommt auch die Kürbel F, herum, oder sie beschreibt während dieser Zeit einen Kreis, dessen Halbmesser so groß ist, als die Kürbel. Um diesen Halbmesser schiebt sich also die Stange einmal hinauf, und einmal herunter. An dem obern

Ende

Ende der Leitstange ist eine Hebel I angebracht der die Welle K L, durch die auf: und niederwärts gehende Bewegung der Leitstange herumdrehet. An dem andern Ende dieser Welle ist ein zweiter Hebel M, an welchen eine Schiebstange N, befestiget ist, die vorne mit einer Klaue n, das Sperrad O herumdrehet. Ein solches Rad würde aber wieder zurückgehen, woferne nicht ein anderer Hacken da wäre, (der aber in der Figur nicht zusehen ist) welcher zwischen die Zähne des Rades einfällt, indem die eiserne Klaue einen andern Zahn des Rades fortschiebt. Dieser Hacken heißt der Sperrhacken.

381.

Ferner ist an der Welle P des Sperrades, eine hölzerne Walze Q, an deren Umfang verschiedene eiserne Schienen angebracht sind. Diese Schienen ziehen die Lumpen, die in einer, nach der Walze zu etwas geneigten, Haderlade liegen, vorwärts, und bringen sie zwischen die beiden Messer R und S, wodurch die Lumpen grob oder fein, nachdem die Messer nahe oder weit von einander gestellet sind, zerschnitten werden. Das untere Messer S, liegt in einem Block T, ganz unbeweglich, kann aber mittelst Schrauben, dem andern so nahe als man will, gebracht werden. Das obere Messer R, wird durch den Rahmen U W, der durch die Leitstange G H, mit der derselbe durch das eine Ende verbunden ist, auf: und heruntergezogen wird, in Bewegung gesetzt. Dieser Rahmen oder

Stange,

Stange, an welcher sich das bewegliche Messer befindet, ist mit dem einen Ende zwischen zwei Docken Y und Z, eingezapft, so, daß die Stange keiner andern als der vertikalen Bewegung folgen kann. Das oberste Messer bewegt sich hinter das unterste herab, und beide zerschneiden die, von der Walze auf einen hölzernen Block vorgeschobenen Lumpen, eben so, wie eine Scheere oder Hexellade etwas zerschneidet. Die Bewegung dieser Maschine kann ziemlich geschwinde vor sich gehen, nachdem das Stirnrad C, mehr oder weniger Zähne, und der Trilling D, nur nicht aus zu vielen Stäben besteht. Das bewegliche Messer schiebt sich um den Halbmesser der Kurbel F, bei jedesmaligen Umdrehen des Trillings D, herauf, und sinkt um eben so viel wieder herab. Gewöhnlich werden die Lumpen zweimal zerschnitten, wodurch sie natürlicherweise feiner werden, als wenn die Arbeit nur einmal geschehe.

382.

Das Zerschneiden der Lumpen, durch die so eben beschriebene Vorrichtung, geschieht im zweiten Stockwerke der Mühle. Von hier bringt man sie in die untere, oder wirft sie durch eine Lucke, worin ein Rumpf angebracht ist, in den untern Stock, wo sich die Stampfmühle, oder das sogenannte Geschirr befindet. In den mehrsten unserer deutschen Papiermühlen werden die Lumpen zu einer breiförmigen Masse zerstampft; in den holländischen hingegen, bedient man sich, statt der Stampfen, Walzen oder Cylinder, wodurch die

Lum-

Lumpen in einer kürzern Zeit, zu einer mehr breiförmigen Masse, verarbeitet werden. Indessen hat man auf unsern Papiermühlen auch die Cylinder, die unter dem Namen der Holländer, weil sie wahrscheinlich von dieser Nation erfunden worden sind, mit nicht geringem Vortheile, eingeführt. Von beiden Mühlen soll nun das Nöthige gesagt werden.

## Beschreibung der Stampf- oder Hammermühle.

### 383.

Ein ober- oder unterschlächtiges Wasserrad, oder ein paar Windflügeln, oder auch ein Pferd, setzt eine starke Daumwelle in Bewegung. Die Däume, welche am besten, nach der oben beschriebenen Gestalt ausgearbeitet werden, heben entweder Stampfen, oder Hammer in die Höhe, und lassen selbige in die Löcher des Löcherbaums fallen. Dadurch zerstampfen sie die Lumpen, welche in den Stampflöchern liegen, in einer Zeit von 16 bis 24 Stunden, zu einer breiförmigen Masse, die unter dem Namen des Halbenzeuges bekannt ist. Die Stampfer sind unten mit Eisen beschlagen. Mit ihren Schwingen, (so nennt man den Helm des Hammers oder der Stampfe in der Mühle), hängen sie in den Hinterstauden und fallen zwischen den Vorderstauden durch ihre eigne Schwere wieder nieder. (Hinter- und Vorderstaude, sind senkrechte Ständer, zwischen welche der Stampfer oder der Hammer, vermittelst Bolzen, damit sie sich

we-

weder rechts noch links, sondern blos vertikal bewegen, befestiget sind). Vor den Vorstauden liegt der Löcherbaum, der 5, 6, 9 bis 10 Stampflöcher von verschiedener Tiefe hat. Jedes Loch hat eine Abdachung, damit die Lumpen mehr im Kreise herum getrieben werden, wodurch auch zugleich jederzeit frische Lumpen unter den Hammer kommen. Unten hat jedes Loch eine eiserne Platte, die aber, weil sie so leicht rostet, nicht so gut ist; besser wäre es, wenn die Platte aus Messing gemacht wäre. Eine Rinne führt stets reines Wasser in die Oefnungen des Löcherbaums, das durch eine Scheibe, die mit einem haarnen Sieb versehen ist, (damit keine Papiermasse mit durchgehe,) wieder abläuft.

Diese Scheibe nennt der Papiermüller den Kas. Besteht der Löcherbaum aus 6 ovalen Löchern, und fällt jeder Stampfer, bei einmaliger Umdrehung der Welle, viermal in das Loch, des Löcherbaums, und arbeiten drei Stampfer in einem Loche, so hält die Daumwelle 72 Däume. So eine Stampfmühle stellt die 72te Figur im Grundrisse vor.

384.

A ist ein oberschlächtiges Rad mit dem dazu gehörigen Mahlgerinne. B die Daumwelle mit ihren Däumen a, b, c u. s. w. C D der Löcherbaum mit seinen 6 ovalen Löchern E. u. s. w. F G die Stampfer oder Hammer, deren bei dieser Mühle 18 sind, mit ihren Vorder- und Hinterstauden g und h. H eine Rinne mit frischem

Wasser

Wasser angefüllt, aus welcher drei andere Rinnen i, k, l ausgehen, die es in drei kleine Wasserkasten m, n und o, die mit der Oberfläche des Löcherbaums eine wasserrechte Lage haben, ausgiessen. Diese bringen das Wasser in die Löcher des Löcherbaums. In jedem Loche oder Troge kommen einerlei Lumpen, auch die ersten Stamper, oder diejenigen, die dem Mühlenrade am nächsten liegen, sind stärker als die andern, welche weiter hin stehen. Die sechs ersten sind vorne mit spitzen eisernen Nägeln beschlagen, um die Lumpen zu zerschneiden; die sechs andern Stampfer haben flachköpfige Nägel, weil sie blos zerreiben, und die sechs letztern haben am Kopfe gar keine Eisen, weil sie blos die Masse noch mehr durchrühren oder quirlen. Nach dieser Ordnung der Stampfer müssen die Lumpen auch von einem Stampfloche in das andere gebracht werden, wenn die Arbeit gut und ordentlich von Statten gehen soll.

## 385.

Ehe man den Holländer bei unsern Papiermühlen einführte, kamen die einmal zerstampften Lumpen zum zweitenmale in das Geschirr, worin sie alsdann völlig zu ganzem Zeuge verarbeitet wurden. Gegenwärtig aber, wo die mehrsten von unsern Mühlen mit diesem nützlichen Walzwerke versehen sind, bringt man den halben Zeug, nachdem man ihn mit dem Leerbecher, einem kleinen, mit einem Handgriffe versehenen Eimer oder Bütte, aus den Löchern des Löcher-

baums

baums herausgeschöpft', und in das Leerfaß, eine gewöhnliche Tonne von eichem Holz, geschüttet hat, in die Zeugstube, wo derselbe durch hölzerne Rahmen, mittelst der Zeugpritsche, eines, mit einem Handgriffe versehenen Brettes, in vierseitige Haufen zusammengeschlagen, und zum Trocknen hingestellt. Aus dieser Stube kommt sodann der getrocknete Halbzeug in den Holländer.

386.

Hier wird der schickliche Ort sein, diese Cylinder-Mühlen etwas näher und umständlicher zu beschreiben, als in den technologischen Anfangsgründen gewöhnlich geschieht. Zur bessern Ansicht dienen daher die beiden Figuren 73 und 74, aus welchen man die ganze Einrichtung überhaupt, wenn man sie mit der hierbeigefügten Erklärung gehörig und aufmerksam vergleicht, und zusammenhalten will, leicht kennen lernen kann.

387.

An der starken Welle des großen Schaufelrades A, (Fig. 73) befindet sich ein Kammrad B, dessen Kämme zwischen die Stäbe eines, an einer senkrecht stehenden Welle D befindlichen Trillings C eingreifen, und ihn in der Runde herumtreibt. An dieser verticalen Welle befindet sich ausserdem ein großes Kammrad E, dessen Kämme in die Stäbe dreier horizontalliegender Trillinge G, eingreifen; davon in dem Aufrisse (Fig. 73) nur einer G gezeichnet ist, in dem Grundrisse (Fig. 74) aber zwei derselben mit den dazu gehörigen Walzen

H, die mit einer großen Geschwindigkeit in einem hölzernen Verschlag, der unter dem Namen Butte bekannt ist, mittelst des so eben beschriebenen Räderwerks, herumgetrieben werden.

388.

Um sich von der geschwinden Herumdrehung eines Holländers einen Begriff zu machen, so giebt man, was die Grösse der Räder, die Eintheilung ihrer Kämme, und Stäbe der dazu gehörigen Trillinge, betrift, gewöhnlich folgende Größen an. Dem großen Schaufelrade oder Mühlenrade 18 Fuß im Durchmesser, uud 24 Schaufeln; dem Kammrade von der Mühlenwelle, 41 Kämme; dem Trillinge, einen Durchmesser von etwa 6 Fuß und 34 Stäben; dem großen Kammrade an derselben Welle, 11 Fuß im Durchmesser und 67 Kämme, und jedem horizontalliegenden Trillinge, an dessen Axe der Holländer ist, 7 Stäbe.

389.

Aus diesen gegebenen Stücken läßt sich leicht die Geschwindigkeit des Holländers berechnen. Denn man braucht nur die beiden Brüche $\frac{41}{34}$ und $\frac{67}{7}$, welche durch die Division der Zahlen von den Kämmen und Stäben entstanden sind, mit einander zu multipliciren, so giebt das Produkt $\frac{2747}{238}$, das Verhält-

niß von der Geschwindigkeit des Holländers gegen die des ersten Rades an, nehmlich beinahe wie $11\frac{1}{2}$ : 1. Oder, wenn das große Mühlenrad in einer Minute etwa achtmal herumkömmt, so geht der Holländer in eben dieser Zeit 100 mal herum.

## 390.

Der Holländer selbst ist eine von starkem Eichenholze verfertigte Walze, die etwa 23 Zoll lang ist, und 26 Zoll im Durchmesser hat. Auf der Stirn ist der Holländer, der Länge nach, mit 28 eisernen Schienen bedeckt, die eine Breite von 15 Linien haben, und etwa 20 Linien von einander abstehen. Alle Walzen haben eiserne 8 Fuß lange Axen von 3 Zoll im Durchmesser. Die Butte oder Trog, worin der Holländer herumläuft, ist ebenfalls aus starkem Eichenholze gemacht, inwendig mit Blei ausgefüllt, und die Ecken oder Winkel derselben völlig abgerundet. Im Lichten ist eine Butte 10 Fuß 4 Zoll lang und 5 Fuß breit. Durch die Mitte derselben geht ein 7 Fuß langes und 3 Zoll dickes eichnes Brett; das ist so hoch, aber nicht so lang, als die Butte. Durch dieses Brett wird die Butte in zwei gleiche Theile eingetheilet: eine Hälfte derselben ist leer, in der andern liegt aber die Walze, und nach der Breite der Butte ein Klotz, der bis an den Holländer reicht, und an beiden Seiten desselben schräge hinabläuft, damit sich das Wasser bequem hinauf- und hinab spühlen könne. Grade unter der Walze liegen, nach der Länge des

Klotzes,

Klotzes, auf demselben, verschiedene Schienen oder Messer gleichfalls von Eisen, welche die Schienen des Holländers genau berühren.

391.

Die Lumpen oder der halbe Zeug, werden in die Butte gethan, und der Holländer in Bewegung gesetzt. Die Lumpen dringen alsdann, während dem Herumdrehen der Walze, zwischen die Schienen des Holländers und die des Klotzes durch, und werden auf die Art zu einer breiförmigen Masse, die wir auf unsern Mühlen den ganzen Zeug nennen, zermalmet. Während dem Herumdrehen des Holländers, muß aber beständig eine Rinne, frisches Wasser, in die Butte leiten, welches durch eine Oefnung, die mit einem Sieb versehen ist, damit die Papiermasse nicht mit dem Wasser zugleich durchgehe, wieder abläuft. Bei der geschwinden Bewegung, die der Holländer annimmt, würde auch die zermalmete Masse oben aus der Butte herausgehen; und um dieses zu verhindern, ist derselbe oben mit einem Huthe, oder einer Haube, versehen, die sich genau an den obern Theil der Butte anschließt, und mit derselben einen runden oder auch ovalen Kasten bildet. Im Grundrisse, (Fig. 74) sieht man die so eben beschriebene Butte, sowohl von aussen, als von innen, in drei verschiedenen Zeichnungen vorgestellt. In den eigentlichen holländischen Mühlen, sind die Schienen des Holländers nicht von Eisen, sondern aus Messing, auch wohl

gar noch aus einer bessern Composition, als Messing, verfertiget; lund zwar deswegen, weil die eisernen dem Papier Rost, oder Eisenflecken, mittheilen sollen.

392.

In Holland, und auch in andern flachen Ländern, werden die Papiermühlen nicht vom Wasser, sondern vom Winde getrieben. Die innere Einrichtung einer solchen Mühle, lernt man aus der Tab. VIII. Fig. 75 kennen. Das äussere ist bekannt, und daher alles dasjenige, welches sich darauf bezieht, hier der Kürze wegen, weggelassenworden.

A B sei die schiefliegende Welle, die mit der Horizontallinie einen Winkel von etwa 10 Graden macht. An derselben sind vorne die Windruthen C D und C E, die eine Länge von 40 Fuß haben und senkrecht auf der Welle stehen. An dieser Welle befindet sich das Kammrad F G, aus 68 Kämmen, in einer verticalen Stellung. Dieses greift in die Kämme des Kammrades H, von 32 Kämmen, das oben an der senkrecht stehenden Hauptwelle I K liegt. Nicht weit von dem untern Ende dieser Welle befindet sich ein zweites Kammrad M, von 57 Kämmen, welches in die Trillinge greift, (wovon aber in der Zeichnung nur einer bei L zu sehen ist) an deren Axe sich die Holländer befinden. Diese Trillinge haben 14 und 16 Stäbe. Die erstern treiben die Walzen, welche die Lumpen nur gröblich, oder zu halben Zeuge bearbeiten; die letztern diejenigen, welche die gröblich zerschnittenen

Lum-

Lumpen völlig zu ganzem Zeuge zermalmen. An der Welle I K liegt in N, noch ein drittes Kammrad, das in ein vertical stehendes P eingreift, und dasselbe bewegt. Das andere Ende dieser horizontalliegenden Welle, ist mit einem zweiten Kammrade Q, versehen, welches das horizontalliegende Kammrad R, in Bewegung setzt. Das Rad P hat 26, Q 30, und R hat 23 Kämme. An dem untern Theile der Welle des Rades R, liegt noch ein zweites Rad, das aber in der Zeichnung nicht zu sehen ist, von 22 Kämmen, welches in zwei Trillinge, jeder von 15 Stäben, greift, und an deren Axen noch ein paar Cylinder angebracht sind. Diese hier beschriebene Mühle, setzt also durch diese angebrachte Vorrichtung, fünf Holländer in Bewegung. Etwa in der Mitte von der Hauptwelle I K, liegt ein viertes Kammrad S von 27 Kämmen, das ein anderes, vertical stehendes T von 29 Kämmen in Bewegung setzt, an dessen Axe eine Kürbel U ist, von welcher eine Schnur oder Kette nach dem Hebel oder Balken a b, heruntergeht, und in V an dem Pumpen a b befestiget ist; denselben also durch die Bewegung des Kammrades, oder durch das Herumdreheu der Kürbel hinauf- und herunter zieht. Das eine Ende dieses Balkens ist in a unterstützt, oder drehet sich vielmehr um diesen Punkt; das andere setzt die Pumpenstange der Pumpe x in Bewegung. Die Pumpe gießt, vermittelst der Ausgußröhre e, Wasser in den Wasserkasten Y Z, von welchem aus verschiedenen Rinnen m, n und o, das Wasser in die Butten

der

der Holländer bringen. Mittelst eines Hebels g h, der durch das Seil K, das über eine Rolle t weggeht, bewegt wird, läßt sich das Rad T aus dem Kammrade S, herausheben, wenn man etwa verlangt, da die Pumpe kein Wasser geben soll.

Descriptions des arts et metiers, Tom IV.

393.

Es ist durch die Erfahrung längst ausgemacht und entschieden worden, daß die holländischen Mühlen, welche statt der Stampfen mit Walzen versehen sind, einen entscheidenden Vorzug vor den bloßen Stampfmühlen haben. Indessen hat auch die Erfahrung gelehrt, daß wenn eine Stampfmühle zugleich mit einem Holländer versehen ist, daß sie alsdann der erstern an Güte der Waaren, die sie beide liefern, nicht viel nachgiebt, vorausgesetzt, daß alle Nebenarbeiten bei beiden mit gleicher Vorsicht und Aufmerksamkeit getrieben und ausgeführet werden.

394.

Ist nun der halbe Zeug in dem Walzwerke völlig und hinlänglich zu ganzen Zeuge verarbeitet worden, so wird die feine Masse entweder aus der Butte herausgeschöpft, oder besser durch eine eigne dazu eingerichtete Rinne sogleich in einen hölzernen Kasten, den man den Zeugkasten nennt, und der in der sogenannten Werkstube steht, geleitet. Ausser diesem

Kasten steht noch in eben der Stube, der Rechen (Fig 76 Tab. IX.) und die Butte (Fig. 77). Der Rechen ist ein vierseitiger hölzerner Kasten A B C D, in welchen der ganze Zeug, kurz vor dem fernern Gebrauche oder Bearbeitung desselben, aus dem Zeugkasten genommen und hineingeschüttet wird. In den Zeugkasten trocknet aber der ganze Zeug etwas ein, und daher muß derselbe, wenn man ihn in den Rechen bringt, mit Wasser wieder mechanisch aufgelöset werden.

395.

Zu dem Ende leitet eine Rinne von Zeit zu Zeit, frisches und reines Wasser in den Rechen. Damit das Wasser keine sandigte und andere fremde Theile mit in den Kasten hineinbringe, welche der Masse eine Farbe mittheilen würde, stellt man vor die Oefnung der Rinne ein feines Sieb, oder eine alte Drathform hin, welche die fremden, groben, dem Wasser beigemischten Theile, zurückhält. Allein auch selbst die Masse würde vermöge ihrer Schwere, in den Rechen zu Boden sinken, wenn man keine Vorrichtung beibrächte, die dieses Niedersinken verhinderte. Diese Vorrichtung besteht in einer Quirlstange, die an ihrem untern Ende mit Zanken h l versehen ist, und vermittelst der Mühlenwelle auf folgende Art hin und her bewegt wird. An der Quirlstange befindet sich eine andere horizontalliegende Stange F G, die an ihrem Ende mit einer Welle m, versehen ist, und dadurch mit einem senkrecht stehenden Hebel in Verbindung steht.

steht. Dieser Hebel ist an einem Krumzapfen befestiget, der sich an der Daumwelle des Geschirrs befindet. So wie sich nun die letztere herumdrehet, so setzt die Kürbel auch zugleich die Theile, wodurch die Quirlstange verbunden ist, in eine auf-, und niederwärtsgehende Bewegung, welche hinlänglich ist, die Papiermasse in dem Wasser des Rechens, schwebend zu erhalten.

396.

So vorgearbeitet, geht man nun zur Verfertigung des Papiers selbst über. Die Papiermasse wird aus dem Rechen herausgeschöpft, und in die Butte gebracht, die man aber nicht mit der verwechseln oder für eins halten muß, worin sich der Holländer herumdrehet, sondern der Papiermüller versteht unter dieser Butte hier, eine große, runde, hölzerne Wanne, deren Durchmesser gewöhnlich 6 bis 8 Fuß beträgt. Der obere Theil der Wanne hat einen etwas schief in die Butte hineinlaufenden Rand oder Traufe A B C D (Fig. 77. Tab. IX). Etwa durch die Mitte der Butte liegt ein breite Brett B C, welches das große Steg heißt, zum Unterschiede eines etwa schmalen Bretts C D, das den Namen des kleinen Stegs führt. Beide Bretter dienen dazu, um die Papierformen bequem, von einer Seite der Butte nach der andern, zuschieben. Ausserdem muß die Masse oft in der Butte umgerührt werden. Dazu trägt auch die Wärme vieles bei. Denn der innere Theil der Butte ist mit einer Blase versehen, die gehörig erwärmt wird. Durch diese mäßige

Wärme

Wärme geht die Arbeit den Winter über recht gut von Statten, welche sonst durch die Kälte verhindert, oder wenigstens verzögert wird. Im Sommer ist es nicht allemal nöthig.

397.

An der Butte befinden sich ein paar Einschnitte oder Vorsprünge, die einander grade gegenüber liegen, abcd und efgh. Man nennt selbige Stühle. In dem einen, dem Buttenstuhl, steht oder sitzt der Schöpfer (er heißt deswegen so, weil er die Masse aus der Butte herausschöpft); ihm gegenüber steht oder sitzt, der Kautscher, in dem Kautscherstuhl. Die Form ABCD, (Fig. 78) worauf die Masse zu Papier gebildet wird, ist von dünnem Messingdrath, nach der Breite der Form, und von etwas stärkern, nach der Länge derselben, zusammengesetzt, und erhält dadurch völlig das Ansehen eines dichten Gewebes oder Drathgitters. In dieses Drathgitter flechtet man überdies noch mit feinem Drath, den Namen des Fabrikanten oder des Müllers, oder auch das Zeichen des Papiers. Die Drathform paßt genau in einen hölzernen, mit einem ziemlich breiten Rand versehenen Rahm ABCD (Fig. 79), damit die Papiermasse beim Herausschöpfen aus der Butte, von der Form nicht ablaufe.

398.

Die Verfertigung des Papiers geschieht auf folgende Art: Der Schöpfer nimmt die Form mit dem

Rahm,

Rahm, in beiden Händen, bringt sie in eine, etwas nach sich hingeneigte Stellung in die Butte; die in der Butte bleibende feine Masse legt sich in dieser Lage, auf die Form, welche sogleich von dem Schöpfer herausgenommen, und in einer horizontalen Lage über der Butte gehalten, und etwas geschüttelt wird, damit das überflüßige Wasser, durch das Drathgitter der Form, ablaufe. Findet er die Papiermasse auf der Form völlig eben ausgebreitet, so nimmt er die Drathform aus dem Rahm heraus, und schiebt sie dem Kautscher auf dem kleinen Steg zu. Dieser ergreift die Form, lehnt sie an ein ausgehacktes Brett mm, welches den Namen Esel führt, damit das Wasser mehr abtröpfle, kehrt alsdann die Form um, und drückt sie auf ein Stück Filz, das neben ihm auf einen Stuhl ausgebreitet liegt. Die leere Form schiebt der eine Arbeiter dem andern auf dem großen Steg wieder zu, der unterdessen schon einen andern Bogen wieder geschöpft, und dem Kautscher aufs neue zugeschoben hat. Dieser legt auf den ersten Bogen ein anderes Stück Filz, drückt die zweite Form über dasselbe, schiebt die leere wieder zurück, und so geht die Arbeit ununterbrochen fort, bis 182 Filze mit 181 Bogen angefüllt sind. Ein Stoß von 181 Bogen, heißt ein Pausch oder Pusch. So verfährt man mit dem Papier von dem gewöhnlichen Format. Bei größern Bogen bedient man sich einer größern Form, die sich nicht mehr durch die Hände regieren läßt.

Siehe hierüber meine Abhandlung der Papier-Manufactur.

399.

Wegen des vielen Wassers, welches das Papier noch bei sich führet, kommt jeder Pauscht unter die Presse. Diese Presse besteht aus der beweglichen Schraube a b (Fig. 80), die auf einem ebenfalls beweglichen Balken oder Riegel c d, ruhet. Der Pauscht wird auf unbeweglichen Balken oder Riegel e f gestellt, und auf denselben bringt man einen hölzernen Klotz, der bis an den Riegel c d reicht. Durch den Kopf der Schraube b g, gehen ein paar sich rechtwinkligt schneidende Oefnungen oder Löcher, durch welche ein paar Hebel durchgesteckt werden, und womit anfänglich die Schraube etwas herunter geschroben wird. Allein dieses ist bei weitem noch nicht hinlänglich; sondern die Kraft muß noch mehr vergrößert werden, wenn das Pressen von Nutzen sein soll. Zu dem Ende läßt man ein starkes Seil von dem Hebel, das durch den Schraubenkopf geht, um den senkrecht stehenden Haspel gehen. Die Welle dieses Haspels drehet sich um den Zapfen m, der in dem Zapfenlager n o befestiget ist; mittelst der langen Hebel p q umdreht, an welche sich mehrere Personen zum Herumdrehen hinstellen können. Mit dieser zusammengesetzten Kraft würkt also die Schraube auf den Pauscht, und zwar so stark, daß das Wasser hinlänglich aus dem Papier herauskömmt. Indessen hat man gegenwärtig, auf gut eingerichteten Papiermühlen, die Wasser-

serpresse eingeführt, durch welche man noch weit geschwinder und eben so gut zu Stande kömmt. Ueber diese Presse lese man eine ausfürliche Beschreibung mit einer Zeichnung begleitet im Journal über Handlung und Fabriken, vom Monat May 1796. Durch dieses Pressen erhält das Papier Festigkeit genug, daß es von einem Arbeiter, der den Namen Leger führet, zwischen den Filzen herausgenommen, und Bogenweise auf einander gelegt werden kann. Unten soll eine neue Presse dieser Art beschrieben werden.

400.

Nachdem der Leger etwa drei Rieß zusammen gelegt hat, so bringt er selbige auf den trocken Boden, wo unter dem Dache des Hauses viele Latten und Stangen angebracht sind, zwischen welchen Schnüre, die aus verschiedener Materie gemacht werden, ausgespannt sind, und über welche drei bis vier Bogen mit einmal zum Trocknen aufgehenkt werden. Die Seile müssen aus einem solchen Stoffe verfertiget sein, der nicht abschmutzt, und auch nicht so leicht, wegen der Nässe, in Fäulniß übergeht. Daher bedienen sich einige, zu diesem Zwecke, der Pferdehaare; andere gebrauchen Seile, die sehr rauh und aus groben Fasern zusammengedrehet sind, und die stärker sein sollen als die Pferdehaarnen.

Die besten sollen diejenigen sein, welche aus den Blättern einer Palme zusammengedrehet sind. Diese sollen weder abschmutzen, noch so leicht, wie die übrigen,

gen, in Fäulniß übergehen. Die Holländer sollen diese Stricke völlig zubereitet aus Ostindien erhalten. Das Trocknen des Papiers geht bei gutem Wetter bald vor sich; bei feuchtem dauert es eine längere Zeit, und man muß es durch eine künstliche Wärme zu Hülfe kommen.

401.

Nach dem Trocknen wird das Lösch- und Druckpapier in Bücher zusammengelegt und gepreßt; das letztere aber muß vor dem Pressen noch geschlagen oder geglättet werden. Beim Schreibpapier geht vor dem Stampfen und Schlagen noch eine andre Arbeit vorher, nehmlich dem Papier mehr Steife und Festigkeit zu geben, auch geschickt zu machen, daß die Dinte sich nicht ganz in das Papier hineinzieht, sondern darauf ohne Unbequemlichkeit fließt. Das erste erhält man, indem das Papier durch Leimwasser, das zweite, daß es nach dem Leimen durch eine Allaun-Auflösung gezogen wird.

402.

Der Leim wird aus Schafbeinen und Leder-Abgängen, am besten aber aus Pergamentschnitzeln, in einem kupfernen Kessel mit Wasser gekocht. Das Fett setzt sich während des Kochens auf die Oberfläche an, und muß sorgfältig abgenommen, und nachher durch einen Weidenkorb filtrirt werden. Hierauf wird der Leim mit Wasser verdünnt, und das Papier, drei Bogen auf einmal, durchgezogen, unter die Presse gebracht,

bracht, um den überflüßigen Leim aus dem Papier zu bringen und sodann getrocknet. Ist es getrocknet, so wird das Papier durch eine Mischung von Allaun und Leimwasser gezogen. Der Allaun macht wegen seines erdigten Grundtheils, den Leim trocken, und verursacht auch, daß die Bogen nicht zu stark zusammenkleben, befestigt auch zugleich den Leim mehr auf dem Papier, und weil er denselben auch auflöset, so dringen Allaun und Leim tiefer in das Papier ein. Es wird aufs neue getrocknet und hierauf Bogenweise aus einander gelegt, (geschält.) Die letzte Arbeit erhält das Papier durch das Stampfen, oder durch das Glätten. Die letztere Arbeit geht weit langsamer als die erstere.

403.

Nachdem das Papier einen hinlänglichen Glanz und Festigkeit erhalten hat, wird es sortirt, bogenweise gefalzt, der rauhe Rand entweder abgeraspelt oder abgeschnitten, hierauf Buch- und Rießweise zusammengelegt, und in diesem Zustande als Kaufmannswaare verkauft.

In Deutschland verkauft man das Papier nach Ballen, Ries und Buch; und zwar hat 1 Ballen 10 Ries, 200 Buch, 4800 Bogen Schreib- und 5000 Bogen Druckpapier. Das Buch Schreibpapier hält 24 Bogen; aber die Buchdrucker zählen zu einem Buche nur 23 Bogen, und nennen diese zusammen ein Alphabeth.

Siehe mein technologisches Bilderbuch erstes Heft.

# Die Oelmühle.

## 404.

Ehe wir die Einrichtung dieser Mühlen beschreiben, die überhaupt genommen, mit den Stampfmühlen übereinkommen, erlaube man uns etwas allgemeines über die Eigenschaften der Oele vorauszuschicken, wie wir bisher mit allen rohen Produkten gethan haben. Unter Oel versteht man ein dünnflüssiger Körper, der sich nur äusserst geringe mit dem Wasser verbindet, entweder durch einen Docht in einer Flamme brennt, oder sich auch ohne Docht, anzünden läßt. Jene heißen fette, diese wesentliche, ätherische, flüchtige Oele. Man hat auch brenzliche. Im reinsten Zustande haben die fetten Oele einen gelinden und milden Geschmack; einige derselben trocknen an der Luft ein, wie das Leinöl, Nußöl, Mohnöl u. s. w. Diese sind vorzüglich zur Mahlerei brauchbar. Andere bleiben aber beständig schmierig, als Baumöl, Buchöl, Senföl, Rübsamenöl u. s. w. Diese braucht man viel zum Brennen, zum Seifensieden ꝛc. Zum Sieden erfordern sie sämmtlich einen großen Grad von Hitze, nehmlich 600 Grad nach Fahrenheit, und sind fast alle leichter als Wasser.

## Verzeichniß der vornehmsten fetten Oele.

### 405.

**Baumöl.** Dieses wird aus den Früchten oder Oliven des europäischen Oelbaums ausgepreßt. Der Baum wächst vorzüglich in Portugall, Spanien, im südlichen Theil von Frankreich und in Italien. Er ist selten über 8 Fuß hoch, und er hat ein dichtes, festes, gut geadertes und gelbes Holz, welches weder dem Wurmstich noch der Fäulniß unterworfen sein soll, und nimmt eine vortrefliche Politur an. Die Früchte müssen vollkommen reif sein, falls sie ein gutes Oel liefern sollen. Denn unreife Oliven geben ein äußerst scharfes und bitteres Oel. Die kleinen Früchte braucht man vorzüglich zum Auspressen, weil sie das meiste Oel in sich führen. Einige halten das weißgelbliche Oel von Provence, andere das von St. Remo im Genuesischen, und noch andere das von Lucca für das beste. Die schönsten Baumöle werden oft mit wohlfeilen und schlechten vermischt, vorzüglich mit Nuß-, Mohnsaamen-, ja sogar mit Leim- und Rübsaamenöl. Ein solches Baumöl giebt, wenn es geschüttelt wird, viele Luftblasen, und da das ächte schon bei einer Kälte von 4 Grad nach Reaumur gerinnt, gerinnt es nun erst bei 10 bis 15 Grad.

### 406.

**Rübsaamenöl**, aus Rübsaamen (Rappsaat), ist von einem unangenehmen harben Geschmack, der

durch

durch Bleikalke gemildert, aber eben dadurch der Gesundheit sehr nachtheilig wird. Unschädlich wird dasselbe, wenn das Herbe, durch ein Stück saures Brod, verbessert wird. Im Ganzen wird es mehr zum Brennen und zur Bearbeitung der Wolle, zur Seife als zu Speisen gebraucht. Das mehrste Rüböl erhalten wir von den Holländern.

407.

Buchöl wird aus den bekannten Bucheckern geschlagen. Geruch und Geschmack sind beide lieblich. Abgeschälte Bucheln geben ein sehr weißes, klares und helles Oel. Beim Brennen giebt es wenig Geruch von sich. Es gefriert nicht so leicht als Baumöl, nnd in irdenen Gefäßen hält es sich Jahre lang.

408.

Zu den Oelen, die weit eher ranzigt, dick und trocken werden, als die vorigen, die überdieß einen großen Grad von Kälte widerstehen, ohne zugefrieren, gehören vorzüglich folgende:

Leinöl, wird aus den Leinsaamen geschlagen. Die Kuchen, welche nach dem Auspressen zurückbleiben, geben ein gutes Winterfutter für das Rindvieh. Das meiste Leinöl kommt aus Holland. Es dienet zum Brennen, zu Mahler- und Druckerfarben, und wird auch in einigen Ländern gegessen.

Nußöl hat einen angenehmen Geschmack, wenn es aus reifen, trocknen Wallnüßen gepreßt wird. Es

wird zum Brennen, zur Mahlerei, zur Medicin und zu Speisen gebraucht.

Hanföl, wird aus dem Hanfsaamen geschlagen. Man gebraucht es zum Seifensieden (besonders der grünen Schmierseife), zum Brennen und auf den Apotheken.

Dieses Oel brennt am sparsamsten. Denn vermittelst eines gleichen Dochtes und einer gleichen Menge, brennt Hanföl 11 Stunden, wenn Baum- und Rübsaamenöl 10½ Stunden, und Leinöl 8 Stunden brennen.

Mohn- oder Maagsaamenöl; Es wird kalt oder warm geschlagen. Das erste ist fetter als Baumöl und wird zu Speisen gebraucht. Das andere dient zum Brennen, und setzt weniger Ruß ab, als Rüb- Lein- und Baumöl.

## Beschreibung der Mühle.

409.

Die mehrsten Oelmühlen in Deutschland sind Stampfmühlen, die entweder vom Wasser, oder vom Winde, oder auch von Pferden in Bewegung gesetzt werden. An der Welle des Hauptrades befindet sich ein Stirnrad, welches in einen Trilling greift, der an der Daumwelle sitzt, welche, mittelst der Däume, die senkrechten Stampfen in die Höhe hebt, und wieder in den Grubenstock fallen läßt. Diese Stampfer sind 14 Fuß hohe, 6 Zoll breite, und 5 Zoll dicke, vier-

eckte,

eckte, und unten gerundete Hölzer, die unten mit Eisen beschlagen, und gemeiniglich aus Ahorn und weißs Büchenholz gemacht werden. In dem Grubenstock sind Löcher eingeschnitten, deren Boden nach der Oberfläche einer Kugel gerundet ist, und in welchen sich unten eine eiserne Platte befindet. In einem solchen Loch, fallen mehrentheils zwei solcher Stampfer, damit der Oelkuchen desto besser zerstoßen werden könne. Das Verhältniß der Räder ist gewöhnlich dieses:

Ist es eine Wassermühle, und das Rad hielte 16 Schuh im Durchmesser, so gebe man dem Stirnrade 60 Kämme und $4\frac{1}{2}$ Zoll Theilungsweite; also erhält dasselbe ein Durchmesser von 7 Fuß 1 bis 2 Zoll. Das Getriebe bekömmt 36 Stäbe, und die Stampfen werden 5 mal aufgehoben, ehe das Wasserrad einmal herumkommt.

## Verarbeitung des Oels.

### 410.

Soll das Oel nun ausgepreßt werden, so kommt der Saamen (entweder Rüb- oder Leinsaamen) zuerst unter die Stampfer, und nachdem er dadurch gehörig zerstoßen worden, wird er zur Presse gebracht. Man wickelt den zerstossenen Saamen in haarne Tücher, und legt ihn in ein viereckiges hölzernes Loch, in welchem er durch zwei Keile, die mit Gewalt eingetrieben

werden, zusammengedruckt wird, und sein Oel von sich giebt, welches aus der Oellade durch zwei Löcher am Boden in die untenstehende Gefäße läuft. Der eine Keil heißt der Trieb- oder Preßkeil, der andere aber der Lösekeil. Beide sind gegen einander gestellt. Der Preßkeil treibt den Deckel des hölzernen Gefäßes, in welchem der Oelkuchen liegt, und welcher der Kern heißt, auf den zerstampften Oelkuchen. Der andere aber treibt ihn, wenn man genug gepreßt hat, wieder zurück. Die Keile selbst werden durch Schlägel oder Stampfer eingetrieben. Ist die erste Pressung vorbei; so wird es nochmal gestampft und aufs neue gepreßt, und hierauf auf den Wärmofen gebracht. Dieser ist von Backsteinen gemacht, mit einer oben befindlichen eiserne Platte, auf welcher die Masse gewärmt wird. Dieses Erwärmen geht eigentlich dem Pressen vorher. Der Schlägel, welcher den Preßkeil eintreibt, ist an einer besondern Welle, welche die Schlägelwelle heißt, befestigt, und kann durch eine Schiene gerichtet werden. Ihm gegenüber, befindet sich die sogenannte Scheere, an welcher eine Stange mit einem Hebedaumen befestiget ist. Geht daher die Daumwelle herum, so druckt sie die Stange durch den Zugbaumen nieder, dadurch wird der Schlägel in die Höhe gehoben, der, wenn die Daumen von einander abgehen, wieder herunterfällt, und den Keil eintreibt.

## Holländische Einrichtung.

### 411.

Die holländischen Mühlen unterscheiden sich darin von den Deutschen, daß sie die Saamen zuerst durch folgende Vorrichtung zerquetschen.

An der Daumenwelle A (Fig. 81. Tab. IX.) befindet sich ein Kammrad B, dessen Kämme in den Trilling C greifen, und die Axe desselben mit noch einem andern Trilling D herumtreiben. Letzterer greift in die Zähne des Stirnrades C, das sich an der Welle F befindet. An dieser sitzt die Querare G, woran die beiden cylindrischen Steine K, angebracht sind. Diese beiden Steine werden auf einem gemauerten, mit einem Rande versehenen Herd, worauf der Saamen liegt, herumgetrieben. Erhält das Kammrad 61 Kämme, und der Trilling C, 26 Stöcke, so kann man dem Trilling D, 13 Stäbe, und dem Stirnrade E, 76 Zähne geben.

Zu den Steinen wählt man einen festen Marmor, in den sich das Oel weniger, als in einen lockern Sandstein zieht. In Rußland bedienet man sich eiserner Scheiben, und auch eines Herdes aus gegossenen Eisen, wodurch die Ranzigkeit des Oels gänzlich vermieden wird.

Anmerkung. Die Tabacksblätter, auch die Karotten, aus welchen der feine Schnupftaback gemacht wird, können durch eine ähnliche Vorrichtnng, wie Fig. 81, ganz klein zerrieben oder zermalmet werden.

Auf Mühlen dieser Art, bereiten die Spanier ihren Schnupftaback, den sie Spaniol nennen, und auch die Portugiesen ihren feinen Schnupftaback. Auch dienet eben diese Maschine, um Gewürze und Farbenmaterialien, auf eine leichte und bequeme Art zu zerreiben.

## Die ätherischen oder flüchtigen Oele.

### 412.

In der Technologie kommen diese Oelarten wenig vor; desto mehr in der Apothekerkunst. Sie sind weit flüchtiger als die fetten Oelen, entzünden sich ohne Docht, und verbrennen bei einer Hitze, die der Siedehitze des Wassers gleich ist. Im Weingeiste lösen sie sich völlig auf, und lösen zugleich auch die fetten Oelen auf. Daher wendet man sie zur Vertilgung der Fettflecken auf Zeugen an. Alle starkriechende Pflanzen geben, über Wasser abgezogen, ätherische Oele; sie haben mit der Pflanze einerlei Geruch, auch selbst das mit übergehende Wasser nimmt diesen Geruch an. Die ätherischen Oele lösen auch die Harze, und selbst das Federharz auf. Fast alle sind leichter als Wasser. Da sie sich alle in Weingeist auflösen lassen, so beruhet darauf die Verfertigung der verschiedenen Riechwasser und die der Ungarischen Wasser.

Es giebt ferner dünflüßige, als das Terpentinöl, das von einer weissen Farbe ist; dickflüssig,

Anis-

Anisöl; butterförmig, Rosenöl, welches das kostbarste von allen ist. Gelb ist das Kümmelöl, grün das Cajaputöl, braun das Nelkenöl, und blau das Kamillenöl.

Anmerk. Der Terpentin ist ein harzigter Saft, der entweder von selbst, oder durch künstliche Einschnitte aus dem Stamme und den Zweigen verschiedener Nadelbäumen gewonnen wird.

Es giebt vier Arten desselben, nemlich 1) der cyprische, aus dem eigentlichen Terpentinbaum, welcher für den besten gehalten wird. Er hat einen mässig scharfen Geschmack und ist etwas bitter. 2) Der Venetianische, den man aus dem Lerchenbaum gewinnt; von Farbe ist er weißgelblich; von einem harzigten, scharfen, aber doch nicht unangenehmen Geruch und bittern Geschmack. 3) Der Straßburger aus dem weissen Terpentinbaume; er ist weit flüssiger als der vorige, aber mit der Zeit wird er dick. 4) Der gemeine Terpentin aus dem wilden Fichtenbaume, ist zäher, dicker, undurchsichtiger, und vom Geschmacke und Geruche unangenehmer als die vorigen.

Destillirt man den Terpentin entweder mit Wasser, oder auch trocken, so gewinnt man nach der ersten Art, das weisse Terpentinöl oder Terpentingeist; nach der zweiten aber den Terpentinbalsam, und das was in der Retorte znrückbleibt, ist das sogenannte Geigenharz (Colophonium). Im Weingeist lößt sich der

Ter-

Terpentin sehr leicht auf; mit Wasser verbindet er sich aber nicht anders als durch Eierdottern, oder auch durch Zucker. Das Terpentinöl löset den Kopal, (Ein Harz, welches aus einem gewissen Baum in Westindien fließt; es ist hart, leicht, durchsichtig, und giebt auf glühende Kohlen geworfen, einen angenehmen Geruch von sich. Der weiße ist der beste) und den Wallrath auf. Die letztere Auflösung, gerinnt, bei der geringsten Kälte in wenigen Minuten, zu einem glänzenden Eise. Terpentinöl mit Lavendelöl versetzt, heißt Spicköl. Dieses wird in der Porcellan-Mahlerei gebraucht.

## Die Gewinnung des Thrans, oder die Thranbrennerei.

### 413.

Thran oder Fischöl gewinnt man durch das Auskochen aus dem Specke oder dem Felte der Wallfische, Seehunde, Wallrosse, und Heeringe. Das Auskochen oder Brennen geschieht in kupfernen runden Pfannen, die eine Weite von 10 bis 12 Fuß haben, und die in der Mitte tiefer sind als am Rande, in deren jede 5 Fässer Speck hineingehen, der darinne ausgelassen wird, wenn zuvor eine halbe Tonne Wasser hineingegossen worden, damit der Speck nicht anbrenne, weswegen er auch von zwei Männern über dem Feuer beständig umgerührt wird. Wenn der Speck zwei

oder drei Stunden gekocht hat, daß der Thran völlig zergangen ist, so schöpft man solchen mit großen kupfernen Löffeln aus der Pfanne in viereckige Tröge, die obenher mit einem Gitter vermacht sind, wodurch der Thran in die Tröge hineinläuft, und die gekochten Rinken oder Griefen von dem Wallfischspecke auf dem Gitter beliegen bleiben, welche im Hanf- oder Leinsaamen geschlagen, und zum Leimsieden, oder auch zum Hundefutter, verkauft werden. Von diesem Troge wird der Thran in einen andern gelassen, der mit $\frac{2}{3}$ Wasser angefüllet ist. In diesem kühlt er sich ab. Aus diesem Troge leitet man ihn noch in einen dritten. Hier sinkt das Dicke oder die Grundsuppe (Prutt) auf den Grund, und man zapfet alsdann den Thran in Fässer, welche mit neuen Reifen verwahret, und sobald sie voll sind, werden sie mit einem hölzernen Spunde zugeschlagen, und als Kaufmannswaare verkauft,

## 414.

Folgende Arten kommen gewöhnlich in der Handlung vor. 1) Der weiße Wallfischthran, wird von Weißgerbern, Corduanmachern, und andern Lederarbeiten, zur Bereitung des Leders gebraucht. 2) Der Seehunds- oder Robbenthran ist nicht so gut als der erste. Er hat eine gelbbraune Farbe, und wird größtentheils zum Brennen, auch zur Seife und zum Gerben gebraucht. 3) Der Fischleber- oder Heeringsthran, kömmt aus Gothenburg und andern Schwedischen Städten zu uns, und wird

am

am meisten zum Seifensieden und zum Gerben des Leders benutzt. 4) Der schwarze oder dicke Hefenthran, am meisten zu Wagenschmier. Die Engländer bereiten 5) aus der Leber des Stockfisches einen Thran, den sie vorzüglich bei der Bereitung des Leders benutzen.

415.

Ausser dem Thrane und dem Fischbeine gewinnt man auch noch eine Fettigkeit aus dem Kopfe des Pottfisch, welche den Namen Wallrath (Sperma Ceti) führet.

Der eigentliche Wallrath ist eine weisse, trockne, bruchige, weiche, aus halb durchsichtigen Schuppen bestehende Masse, und mit vielem flüssigen Fette vermischt, aus welchen die Engländer und Nordamerikaner ein Oel gewinnen, welches zum Brennen gebraucht wird. Mit den Alkalischen Salzen giebt er eine Seife. Am meisten benutzt man ihn zu Lichtern; auch pflegt man ihn zu eben dem Zwecke mit Talg und Wachs zu vermischen.

## Wachsbleicherei

416.

Zu den schmierigten Oelen läßt sich auch auf eine gewisse Art das Wachs rechnen, welches die Bienen aus den Staubbeuteln der Blumen sammlen, und sich auch aus einigen Pflanzen ziehen läßt. Das

Wachs

Wachs hat wenig Geruch noch Geschmack, lößt sich nicht im Wasser auf, besitzt eine größere Zähigkeit als die fetten Oele, und unterscheidet sich vorzüglich dadurch von ihnen, daß es nicht ranzigt wird. Die gelbe Farbe des Wachses rühret wahrscheinlich von dem Blumenstaub her, und muß daher durch Luft, Sonne und Wasser, ausgezogen werden; und aus diesem Grunde muß das Wachs gebleicht werden. Selbst auf die Lage der Bleiche kommt sehr vieles an; sie muß dem Winde nicht so sehr ausgesetzt sein, nicht viel Schatten und auch keinen Mangel an guten Wasser haben. Damit nun die Luft und die Sonne gehörig wirke, so muß man dem Körper eine so große Oberfläche als möglich, geben.

417.

Zu dem Ende wird das Wachs, vermittelst einer eignen Maschine, gekörnet, welches etwa auf folgende Art geschieht:

In einem kupfernen stark verzinnten Kessel, von der Gestalt eines abgeköpften Kegels, und ganz mit Mauerwerk umgeben, wird das Wachs in reinem Brunnenwasser geschmolzen. Die Gefässe müssen alle verzinnt sein, weil sonst das Kupfer das Wachs färben würde. Während des Schmelzens wird das Wachs im Kessel beständig gerührt, und ist es hinlänglich geschmolzen, so wird es aus dem Kessel mit dem Wasser durch einen Hahn abgezapft, und in eine niedrig stehende Wanne gelassen. In dieser Wanne

steht

steht das Wachs etwa zwei Stunden, und damit es nicht erkalte, wird die Wanne mit einer Decke zugedeckt. Das Wasser, womit das Wachs geschmolzen ist, sinkt mit allen Unreinigkeiten zu Boden. Aus dieser Wanne läuft das Wachs durch einen erwärmten Durchschlag, in ein langes, mit einer Reihe Löcher versehnes, verzinntes Gefäß, unter welchen eine hölzerne Welle dergestalt angebracht ist, daß sie zur Hälfte in das kalte Wasser eintaucht, womit der darunter stehende lange Trog angefüllet ist. Wird der Hahn der Wanne geöfnet, und die Welle umgedrehet, so bändert sich das Wachs, und fällt in den Wasserkasten. So zubereitet, bringt man es auf die Bleiche.

418.

Das Bleichen geschieht auf lange Tafeln, Plane, Quarres, die aber nur eine mäßige Breite haben, damit man bequem das Wachs, der Breite der Tafel nach, umlegen könne. Begossen wird es nur, wenn die Sonnenhitze gar zu stark ist. Die Tafeln sind mit Leinen bedeckt. Die meiste Zeit wird das Wachs zweimal gebleichet. Nach dem zweiten Bleichen, wird es zusammengeschmolzen, und in verschiedenen Formen gegossen. Das Bleichen kann nur zu einer solchen Jahrszeit vorgenommen werden, wenn die Wärme der Sonne im Zunehmen ist. Gewöhnlich vom May bis zum September. Eben der Witterung wegen, hat man auch in neuern Zeiten

ver-

versucht, die neue und geschwinde Bleich-Methode, die oxygenirte Salzsäure, auf das Bleichen des Wachses anzuwenden. Denn die Chemiker haben bewiesen, daß diese Säure, wirklich die gelbe Farbe aus dem Wachs zieht.

## Die Seifensiederei.

### 419.

Unter Seife versteht man einen Körper, der aus Fett (*) und einem Laugensalze (3r B. 1r Th. §. 118) zusammengesetzt ist, und in diesem Zustande in Wasser und auch in Weingeist, vollkommen zerlegt werden kann.

(*) Fett kommt mit den fetten Oelen im Wesentlichen überein. Es ist unauflösbar im Wasser, brennt mit einer Flamme, und ernährt diese durch einen Docht, und setzt während des Brennens Ruß ab. Hierher gehört Talg (Unschlitt) Butter u. s. w.

### 420.

Die meiste weisse oder gelbgraue Seife, wird aus einer mit ungelöschten Kalk, ätzend gemachten Aschenlauge und Talg gesotten. Die Aschenlauge bereitet der Seifensieder auf folgende Art: Auf einen gepflasterten Fußboden, wird gesiebte Asche, welche etwas angefeuchtet ist, hingeschüttet, und in der Mitte dieses Aschenhaufen ein Loch gemacht, in welches, nach Verhältniß der Asche, ungelöschten Kalk geschüttet wird.

wird. Der Kalk löschet sich etwas in der nassen Asche. Kalk und Asche wird beides durch einander gemischt, und so in einen Aescher gebracht. Aescher ist ein hölzerner Bottich, welcher oben weiter als unten ist. Unter diesem Bottich steht ein zweites Faß in der Erde versenkt, und an dem Bottich selbst ist ein messingener Hahn angebracht. Auf dem Boden des Bottichs sind einige Latten gelegt, auf diesen durchlöcherte Bretter, und über diese wird Stroh ausgebreitet. Gewöhnlich steht die Mischung von Asche und Kalk, in diesem Aescher, 24 Stunden. Während der Zeit geht eine Vermischung des Laugensalzes mit dem Kalkr vor. Nach Verlauf dieser Zeit, wird der Aescher mit Wasser angefüllet, und der Hahn desselben geöfnet. In einer Zeit von 3 oder 5 Stunden, fängt die Lauge erst an, aus dem Aescher in den darunter stehenden Sumpf (ein in der Erde gegrabnen Faß) zulaufen.

421.

Aus dem Sumpfe kommt die Lauge, wenn sie die gehörige Stärke hat, und die der Seifensieder nur durch die Erfahrung bestimmen kann, in den Kessel. Die Stärke der Lauge läßt sich auch durch ein frisches Ey bestimmen, wenn dieses darauf schwimmt, oder besser noch durch einen Hydrometer abmessen. Der Kessel hat die Gestalt eines abgeköpften Kegels, und ist von Kupfer. Auf dem Rande des Kessels steht ein Faß ohne Boden, welches der Sturz genennet wird. Er wird durch ein Kitt, aus Gyps und Hammer-

schlag,

schlag, mit dem Kessel vereiniget. Der Sturz ist daher nöthig, weil die Seife beim Sieden, stark in die Höhe steiget. Zu dieser Lauge muß nun die gehörige Menge Talg hinzugesetzt werden. Hierauf kommt sehr vieles an; denn je schwächer die Lauge ist, desto weniger Talg wird genommen. Sobald nun diese Mischung zu sieden anfangt, wird in warmes Wasser Küchensalz aufgelöset, und hinzu gegossen. Die Menge des Küchensalzes hängt auch von der Stärke und Schwäche der Lauge ab. Im Anfange wird ein stärkeres Feuer unter dem Kessel angemacht, als nachher, wenn die Mischung schon im Sieden ist. Ueber dem mäßigen Feuer, wird die Seife 8 bis 9 Stunden gekocht, während welcher Zeit sie öfters umgerührt wird, damit sie nicht zu stark in die Höhe steige.

422.

Bei dem ersten Kochen erhält die Seife schon ein gallertartiges Ansehen, und muß alsdann durch ein Stück Leinwand, welches über dem Faße schwebend hängt, in das, neben dem Kessel stehende, Kühlfaß, durchgeseihet werden. In diesem Faße kühlt sich die Seife in etwas ab, und wird alsdann wieder in den Kessel gebracht, und zum zweitenmal gekocht. Zuweilen muß auch wohl die Seife dreimal gekocht werden, wenn allenfalls die Bestandtheile der Seife nicht in richtigem Verhältnisse gemischt sind. Ist sie nun völlig gar, so wird sie zuletzt in das Kühlfaß, aber ohne durchzuseihen, gebracht, und die überflüßige Lauge (Mutter, oder Seifensiederlauge),

vermittelst eines Zapfens, der sich im Boden des Fasses, im Zapfenloche, befindet, abgezapft. Nachdem die Seife abgekühlt ist, bringt man sie in hölzerne viereckige Formen, die einen durchlöcherten Boden haben, und wenn sie in diesem fest geworden ist, zerschneidet man die großen Stücke mit einem messingenen Faden in kleinere. Diese Stücke werden im Sommer an der Luft, in Winter aber in geheitzten Stuben, getrocknet.

423.

Statt des Talgs nimmt man auch frische ausgepreßte Oele, die noch nicht ranzigt geworden sind. Werden diese mit reiner Pottasche vermischt, so erhält man eine recht gute Seife. So kocht man an vielen Orten, die grune Seife aus Hanföl und Weidasche, aber die schwarze, schmierige Seife, welche gewöhnlich einen üblen Geruch hat, kocht man aus Thran und Aschenlauge. Die schönsten festen Seifen, kocht man aus dem reinen Sodasalze, und dem schönsten Baum- oder Mandelöl. So bereitet man sie in Venedig, Marseille und Alicante. Gute Seife muß keinen laugenhaften Geschmack haben, an der Luft nicht zerfliessen, und sich im Wasser ganz, ohne Trennung des Fetts, auflösen. Alle Säuren, selbst die schwächsten Pflanzensäuren, und noch viele andere salzartige Körper, zerlegen die Seife, oder scheiden den fetten Theil von dem Laugensalze. Dies ist auch der Grund, warum die harten Wasser die Seife nicht auflösen, oder mit derselben schäumen.

424.

424.

Mit Indigo kann man der Seife eine bläulichte, und mit grünem Vitriol und Gallapfeln, eine schwarzbraune Farbe geben; oder wenigstens bekommt sie dadurch marmorirte Adern. Vermischt man sie mit wohlriechenden Oelen, als mit Zimmt, Muscat oder andern Oelen, so erhält man eine wohlriechende Seife. Schaumseife bekömmt man, wenn gute weiße Seife bei gelinder Wärme in Kochsalzlauge aufgelöset, und stark damit geschlagen wird. Löst man hingegen eine wohlriechende Seife, in sehr starken Weingeist auf; so erhält man den sogenannten Seifenspiritus, der vorzüglich zur Untersuchung der harten Wasser dienet.

Wird das Wachs, sowohl das gelbe als das weisse, mit ätzenden alkalischen Laugen gekocht, so erhält man eine Wachsseife, die aufgelöst, vorzüglich zum Poliren der Tischlerarbeiten gebraucht wird. Man kann sie auch zur Wachsmalerei, und um Wasserfarben, vorzüglich Lackfarben, auf Wachsgrunde einzuschmelzen, vortreflich nutzen. Sie leidet aber keine säurehaltige Farben, auch keinen Schleim und Firniß, und darf nicht eher, bis sie ganz trocken ist, mit einem nassen Schwamme abgewischt werden.

425.

Uebrigens benutzt man die Seife, ausser dem Reinigen und Waschen der Leinwand, und schon bei den so eben erwähnten Mitteln, noch beim Tuchwal-

ken, als Beitze in der Wollenfärberei, zum Fleckaus-machen, zur Bereitung einer leichten Haarpomade mit gleichviel Schweinschmier; imgleichen zur Auf-löslichmachung von gleichviel weissem Wachse, durch Kochen mit sechsmal mehr Wasser, unter fleissigen Umrühren, um einen Firniß zu erhalten, welcher Gipsbilder, die man hineintaucht, und nach hinläng-lichen Abtrocknen, mit um den Finger gewundenen Nesseltuche, wohl abgerieben hat, wider Schmutz und Staub schützet.

## Ruß, und dessen Gebrauch.

426.

Ruß wird bekanntlich aus dem Abfalle des Harzes nnd aus dem Kienholze, durchs Verbrennen in einem eignen dazu eingerichteten, mit einem langen liegen-den Schlote versehenen Ofen, gewonnen. Der Schlot ist am Ende mit einem Fang- oder Rußka-sten versehen, in welchen sich der Ruß an den Seis tenwänden, und auch an Leinwand, das ihm von oben bedeckt, ansetzt. Hier nimmt man ihn mit ei-ner Bürste ab, und schlägt ihn in hölzernen Butten zum Verkaufe ein. — In England gewinnt man auch einen Ruß auf eine ähnliche Art aus den Steins kohlen, und auch soll eben dasselbe, nach dem Herrn Hofrath Beckmann, in Sulzbach geschehen.

427.

427.

Ruß wird vorzüglich in Oel angemacht, und so dient er als schwacher Firniß auf Eisen und andern Metalle. Dahin gehört auch die Bereitung der Buchdruckerfarbe, welche aus Ruß und Leinöl besteht. Besser als Leinöl ist Nußöl, aber auch theurer, und wird daher seltner genommen. Weil die Farbe dick sein muß, so wird das Oel, um es seiner überflüssigen Feuchtigkeit zu berauben, lange gekocht, welches in einem kupfernen Gefässe (Blase) geschiehr, anfangs bei gelindem, und bei offenem Gefässe, nach und nach aber bei verstärktem Kohlenfeuer. Sobald das Oel stark an zu sieden fängt, so wird es abgeröschet, das heißt, ein Stück Brod so lange hineingehalten, bis solches völlig schwarz, einer Kohle gleich, gebrannt ist. Dieses reiniget das Leinöl und macht es klar. Nach zwei Stunden wird die Blase mit ihrem Deckel geschlossen, und damit das kochende Oel den Deckel nicht abwerfe, muß man denselben sorgfältig befestigen. Der Firniß muß so lange kochen, bis er anfängt dicke zu werden und strenge zu riechen. Einige Buchdrucker lassen ihn erst etwas kalt werden, ehe sie ihn mit dem Ruß vermischen, andere schütten eben solchen alsdann hinein, wenn sich derselbe grade so viel abgekühlet hat, daß der Ruß nicht mehr davon angezündet wird. Der Firniß wird zu dem Ende in ein Farbenfaß gegossen, und so viel Ruß hinzugethan, daß er so steif als ein Brei wird. Die Farbe muß durchgearbeitet werden, weil sich sonst der Ruß nicht

überall gleich verbreiten würde. Die Probe ist die, daß nichts abfällt, wenn man etwas davon auf einen Span nimmt, und gegen den Boden kehrt, auch muß der gekochte Firniß sich in einen langen Faden ausziehen lassen.

428.

Der Ruß, der sich bei dem Brennen der Oele ansetzt (Lampenruß), kann zu Firnißen sehr gut gebraucht werden; denn so erhält man einen schönen schwarzen Firniß auf Holz oder Leder, wenn man es mit einer Auflösung des Gummilacks (*) in höchst gereinigten Weingeist vermischt.

Auch giebt der Ruß, wenn man ihn mit Leimwasser anrührt, eine Art Tusche, die auch als Wasserfarbe gebraucht wird. Die Chineser bereiten die ihrige aus dem Russe des Rettichöls die, wenn sie ächt ist, ganz fein, wie ein Saft ist, und einen angenehmen balsamischen Geruch, und einen glänzenden kupferreichen Bruch hat.

(*) Anmerk. Gummilack ist ein hartes, rothes, durchsichtiges Harz, das zugleich zum Pflanzen- und Thierreiche gehöret, und aus Bengalen, Malabar und Pegu zu uns kömmt. Eine roth geflügelte Ameise bauet ihr zelligtes Nest an einem Baum, legt hierin ihre Eier, und bevor die Ameise auskricht, sprützt sie einen rothen Saft von sich, so den Gummilack seine rothe Farbe ertheilt. Bleibt dieses harzigte Wesen so, wie es von den Bäumen abgenommen wird, so heißt es Holz- oder Stocklack; dieses

reinigen die Indianer zuerst von den Holztheilen, zerstossen es, ziehen die Farbe mit warmen Wasser aus, färben damit, und verkaufen das übrige unter dem Gummilack in Körnern. Sie kochen auch den Stocklack in Wasser aus, seihen ihn durch, und pressen ihn zwischen zweien Marmorplatten zu dünnen Tafeln. Dieser Lack ist braun, und heißt Schellack. In Firnissen gebraucht man gewöhnlich diesen, weil sich der Stocklack sehr schwer von seinen Holztheilen reinigen läßt. Der beste Gummilack muß eine hohe Farbe haben, durchsichtig und hell sein, über dem Feuer zerschmelzen, und den Speichel roth färben. Will man ihn zu Firnißen gebrauchen, muß man denselben in warmes Wasser schütten, wodurch sein gummöses Wesen aufgelöset, und seine Farbe ausgezogen wird. Man läßt nach diesem das harzigte trocknen, und löset es im Weingeiste auf.

## Andere verschiedene brauchbare Firnisse.

### 429.

Wachsleinwandfirniß giebt Leinöl mit $\frac{1}{4}$ Glätte, $\frac{1}{24}$ Geigenharz, $\frac{1}{12}$ Mennige und $\frac{1}{48}$ Terpentin, ohne, oder mit endlichem Anbrennen gekocht, und mit $\frac{1}{16}$ oder $\frac{1}{24}$ Terpentin *) und $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{2}$ Glätte gekocht, den Ueberstrich der wasserfesten Leinwand und Taffent.

*) Anmerk. Wir haben so oft des Terpentins erwähnt, daß wir glauben, eine kurze Nachricht von der

der Gewinnuug desselben, werde hier an keinem unrechten Orte stehen. Es ist ein harzigter Saft, der entweder von selbst, oder durch künstliche Einschnitte aus dem Stamme und den Zweigen verschiedener Nadelbäume gewonnen wird. In der Handlung kommen viererlei Arten desselben vor. 1) Der cyprische, aus dem eigentlichen Terpentinbaum, welcher für den besten gehalten wird. Er hat eine weißgelbliche Farbe, bisweilen durchsichtig, bald dick, bald weich, vom Geruche nicht unangenehm, und vom Geschmacke nur mäßig scharf, und etwas bitter. 2) Der Venetianische, den man aus dem Lerchenbaume gewinnet, von Farbe ist er weißgelblich und ist durchsichtig und flüßig; von einem harzigen, scharfen, aber doch nicht unangenehmen Geruche, und von einem scharfen bitterlicheu Geschmacke. 3) Der Straßburger aus dem weißen Tannenbaume; er ist weit flüßiger und durchsichtiger als der vorige, wird aber mit der Zeit dicker. 4) Der gemeine Terpentin, aus den wilden Fichtenbäumen, ist zäher, dicker, undurchsichtiger und im Geschmacke und Geruche unangenehmer als der vorige.

Destillirt man den Terpentin entweder mit Wasser, oder auch trocken, so gewinnt man nach der ersten Art, das weisse ätherische Terpentinöl oder Terpentingeist; nach der zweiten aber den Terpentinbalsam, und das was in der Retorte zurückbleibt, ist das sogenannte Geigenharz (Colophonium). Im Weingeiste lößt sich der Terpentin sehr leicht auf;

mit Wasser verbindet er sich aber nicht anders als durch Eierdottern, oder auch durch Zucker. Das Terpentinöl löset den Kopal (ein Harz, welches aus einem gewissen Baum in Westindien fließt; er ist hart, leicht, durchsichtig, und giebt, auf glühende Kohlen geworfen, einen angenehmen Geruch. Der weisse ist der beste.) und Wallrath auf. Die letztre Auflösung gerinnt bei der geringsten Kälte in wenigen Minuten, zu einem glänzenden Eise. — Terpentinöl mit Lavendelöl versetzt, heißt Spicköl. Mit diesem werden die Farben in der Porcellanmalerei aufgetragen.

430.

Ebenfalls erhält man einen schönen schwarzen Firniß auf Metall, wenn man schon gekochtes Oel mit Terpentin und Beinschwarz, oder statt des letztern, mit Kienruß anrührt. — Einen andern schönen Firniß auf Kupfer und Eisenblech erhält man, wenn man Animeharz †) in einem Gemenge aus Terpentin- und Leinöl auflößt, diese Auflösung mit einem Pinsel zu mehreren malen aufträgt, zwischen jedem Auftragen bei mäßiger Hitze trocknet, und nach dem Trocknen mit Bimsstein, ††) und wenn genug Firniß aufgetragen ist, zuletzt mit Tripel †††) abreibt, mit Oelfarben bemahlt, noch einmal mit dem Firniß überzieht und zuletzt mit Oel abreibt. Dieser Firniß soll so fest sein, daß er Kohlen ertragen kann.

†) Anmerk. Dieser Harz fließt im Herbst aus der Rinde des Baums Itaiba in Neuspanien, wo man

man sie durchbohrt. Die guten und brauchbaren Körner sind gelbweiß und durchsichtig und auf dem Feuer wohlriechend.

Anmerk. ††) Eine feinfaserige Steinart von seidemartigen Glanze, spröde, zuweilen löcherig, und so leicht, daß sie auf dem Wasser schwimmt. Man findet ihn in der Nachbarschaft brennender oder längst verloschener Vulkane, in größern oder kleinern Stükken. Der Metallarbeiter bedient sich seiner beim Poliren am meisten.

Anmerk. †††) Eine Thonerde, die sich mager und rauh anfühlt, übrigens weich, aber sich doch nicht im Wasser erweichen läßt. In erdiger Gestalt heißt sie Triepelerde, oder englischer Tripol.

## 431.

Bei den Lackfirnißen kommt es vorzüglich darauf an, daß die Harze in einer Flüßigkeit aufgelöset sind, welche die Fähigkeit besitzt, nach dem Auftragen auszudunsten, und das Harz als ein durchsichtiges Wesen zurückzulassen. Hierzu ist der stärkste Weingeist †) am geschicksten; da er aber zu geschwinde an der Luft verfliegt, und davon in dem Auftragen leicht Risse und Sprünge entstehen, so ist ein Zusatz von Terpentin nöthig, als welcher sowohl die Substanzen genauer mit einander verbindet, sie weniger spröde macht, als auch den Harzen noch einen besondern Glanz giebt. So kann man z. B. zu einem weißen Firniß 8

Un-

Unzen Sandarack ††), 2 Unzen venetianischen Terpentin, 2 Pfund vom stärksten Weingeist nehmen. Der Kopalfirniß, welcher gewöhnlich für den schwersten in der Bereitung gehalten wird, kann am besten erhalten werden, wenn 4 Unzen Kopal in 12 Unzen vom stärksten Weingeist dirigirt, zuletzt gekocht, und der abgegossenen Auflösung anderthalb Unzen venetianischen Terpentin zugesetzt wird, worauf er so lange in der Wärme bleibt, bis der Terpentin aufgelöst worden.

Anmerk. †) Weingeist wird aus den weinartigen Getränken, durch eine schwache Destillation erhalten. Dazu nehme man Wein oder Branntwein, den man bei mäßigen Feuer aus einem Kolben mit einem Helm versehen, etwa den vierten Theil übergehen läßt. Dieser, noch etwas wässerigter Weingeist, wird zum zweitenmale mit großer Vorsichtigkeit, bei 165 Grad Fahrenheit, oder $59\frac{1}{9}$ Grad Reaumur, Wärme destillirt. Der Weingeist besitzt folgende Eigenschaften: mit Wasser läßt er sich leicht vermischen. Rectificirter Weingeist heißt er, wenn er alles Wasser möglichst beraubt worden ist. Er ist sehr flüchtig, und siedet schon bei 165 Grad Fahrenheit, auch ist er weit leichter als Wasser (815 : 1000). Er gefriert, so viel uns bekannt ist, nicht. Er brennt mit einer bläulichen Flamme ohne Docht. Er ist ein Auflösungsmittel der Harze, des Zuckers, der ätherischen Oele, der Seifen, des Kampfers und verschie-

dener

dener Salze. Mit den Säuren macht der Weingeist die Aether.

Anmerk. ††) Sandarack ein Harz, das aus den Wachholderbäumen gewonnen wird. Das beste soll aus den Cederbäumen fließen. Es dienet als Räucherpulver, und besonders als Zusatz zum Firniß; auch zum Reibpulver der Dintenflecken im Papier.

## Goldlack.

432.

Einen recht schönen Firniß dieser Art erhält man, wenn man auf vier Loth Gummilack, 40 Grane Drachenblut, und ein halber Gran Safran, Weingeist gießt, und, wenn er sich genug gefärbt hat, wieder abgießt, und durchseiht; oder wenn man überhaupt, der Auflösung des Gummilacks in Weingeist, noch Orlean, Drachenblut, †) Safran oder Gelbwurz zusetzt. Mit solchem Firniß kann man Silber, Messing, Leder, Ramen und anderm Holze, einen schönen Goldglanz geben; soll er schwarz sein, so setzt man der Auflösung des Gummilacks blos Lampen- oder Beinschwarz zu. Röthlich und dunkel wird er, wenn man auf 12 Theile Gummilack in Körnern, 4 Theile Wacholderharz, und 3 Theile Mastix, ††) Weinstein gießt; und wenn er 14 Tage lang in ziemlicher Wärme darüber gestanden hat, während dieser Zeit öfters gerüttelt worden ist, und ihn alsdann durchseiht.

Man

Man erhält auch einen schönen rothen Firniß, wenn man rothes Siegellack in Weingeist anflößt. Für Stöcke, Etuits, Hölzer in Fächer ꝛc. bekömmt man einen guten Firniß, wenn man auf ein halbes Pfund Sandarack, 4 Loth Mastixkörner und 8 Loth Terpentin, und einen sehr guten für Tafelwerk, Eichenholz, Eisenwaaren ꝛc. wenn man auf ein halbes Pfund Sandarack, vier Loth Schellack, 8 Loth Geigenharz und 12 Loth venetianischen Terpentin, ein Nösel Weingeist nimmt; soll er roth sein, so nimmt man weniger Sandarack, mehr Schellack und etwas Drachenblut.

Aus dem, was hier kurz von den Firnißen gesagt worden ist, erhellet, daß man sie am besten in drei Hauptklassen eintheilet. Die erste Art ist die, worinnen die festen öligten Materialien kein anderes Auflösungsmittel haben, als den Weingeist. Man nimmt hierzu die durchsichtigsten, am wenigsten gefärbten Harze, wenn man recht weissen und durchsichtigen schönen Firniß haben will. Die zweite Klasse enthält die Firnisse, welche zum Auflösungsmittel ein wesentliches Oel (Terpentin) haben, und die dritte Klasse begreift die fetten Firnißе in sich, dahin gehören die Copal- und Bernsteinfirnißе, weil diese den Grund dazu hergeben, und deren Auflösung durch ausgepreßte Oele vollführt wird.

Anmerk. †) Drachenblut ist ein Harz von einer dunkelrothen Farbe. Es kommt von dem Drachen-

chenblutbaume, der auf der Insel Teneriffa und bei Carthagena in Amerika, auch auf Madagaskar wächst. Dieser letzterer soll der beste sein.

Anmerk. ††) Mastix ein Gummiharz, das aus Griechenland, besonders aus der Insel Chio, im Archipelagus kommt. Es schmilzt durch Einschnitte oder auch von selbst, in Gestalt von runden Körnern aus den Aesten des Baums heraus.

Ueber die Zubereitung der Firniße empfehlen wir noch folgende Bücher nachzusehen.

J. F. Müllers vollständige und auf Erfahrung gegründete Anweisung zum Lakiren, 2te Aufl. 1756, in 8.

Watin, Stafiermahler, oder die Kunst anzustreichen, zu vergulden und zu lackiren, Leipze 1774 in 8.

## Die Holzsägemühle.

433.

Soll ein Balken von ein paar Menschen durchgesägt werden, so bringt man das Stück Holz oder den Balken auf ein paar Blöcke, damit derselbe eine horizontale Lage erhalte. Der eine Arbeiter stellt sich auf den Balken, und der andere unter denselben. Bei dem Zerschneiden des Holzes gehen zweierlei Bewegungen vor, eine vertikale und eine horizontale. Bei ein paar Arbeiter geschieht beides zugleich.

Durch

Durch die Säge geht die vertikale Bewegung vor sich, indem sie den Balken nach dieser Richtung durchschneiden, und so wie dieses fortgeht, rücken die Arbeiter nach der horizontalen Richtung fort, und so durchschneiden sie den Balken von einem Ende zum andern.

Nun bringe man in die Stelle der Arbeiter eine Maschine, so muß diese eben die Bewegung machen, welche die Menschen machen. Aber die horizontale Bewegung der Maschine kann nicht auf die Art, wie bei den Menschen, durch die vertikale Bewegung hervorgebracht werden. Um diese durch eine Maschine zu Stande zu bringen, so muß der Balken selbst eine Bewegung annehmen, die von der Art ist, daß sie der vertikalen entgegen kömmt. Beide Bewegungen geschehen durch die Maschine auf folgende Art.

434.

Die Welle des Hauptrades ist mit einem Stirnrade versehen, welches in einen Trilling greift, an dessen Welle eine Kürbel A (Fig. 82. Tab. IX.) angebracht ist. An dieser befindet sich die Leitstange B, die an dem Sägegatter CD befestiget ist, in dessen Mitte sich die Säge befindet. Das Gatter bewegt sich zwischen zwei Säulen in Faizen. Die Kürbel beschreibt während ihrer Bewegung den punktirten Kreis, wodurch die Säge hinauf und herunter gezogen wird. Dies ist die vertikale Bewegung.

Um

Um die horizontale Bewegung hervorzubringen, so ist oben in dem Sägegatter, ein Hebel E, angebracht, der mit dem einen Ende in der horizontalen Welle F steckt, und diese zum Theil umdrehet. In eben dieser Welle steckt ein anderer Hebelarm G, beinahe senkrecht, der die Schiebstange H, in Bewegung setzt. Die Schiebstange ist mit einer eisernen Klaue versehen, welche in das Sperrad I greift, und dasselbe durch Fortstossung seiner Zähne umdrehet. Dieses Rad ist mit einem Sperrkegel versehen, damit es nicht wieder zurücklaufe. An der Welle des Sperrades befindet sich ein Getriebe a, dessen Zähne in die Zähne des Stirnrades K greift, an dessen Welle sich das Getriebe L befindet, welches in die Zähne des sogenannten Wagens M N greift. Auf diesem Wagen liegt der Block auf Rollen, um das Reiben zu vermeiden, und wird auf die Art vor die Säge geschoben. Ausser diesen beiden Bewegungen muß auch die Maschine noch den Block ziehen. Das Stirnrad der Hauptwelle greift zu diesem Ende in einen Trilling, durch dessen Welle die Bewegung vor sich geht.

435.

Bei der horizontalen Bewegung muß man ausserdem, was im vorigen gesagt worden ist, noch folgendes bemerken. Der Wagen auf dem sich der Block befindet, ist eigentlich eine Art von Gatter, das in den Nuthen oder Falzen zweier Bäume oder Balken, welche an den Brettboden angebracht sind, hin-

ein

ein gefugt, und zwar so, daß er sich vor- und rück-wärts schieben läßt. An beiden Enden des Wagens befinden sich die Ruheschemel, wovon der eine verschoben werden kann, und daher den Namen Richt-schemel führt. Auf diese beiden Schemel wird der Block gelegt und gehörig befestiget. Unter dem Wagen liegt eine Welle, die mit zwei großen Trillingen versehen ist, so daß unter jedem der beiden Bäume des Wagens, einer von diesen Trillingen liegt. Diese Bäume sind mit Kämmen oder Zähnen versehen, welche zwischen die Stäbe der Trillinge eingreifen, und so den Wagen fortführen. Zur Verminderung der Friction, die hier bei den Wellen entsteht, wird jeder Baum von metallenen Rollen getragen, die an demselben von 4 zu 4 Fuß ausgetheilt sind, 4 Zoll im Durchmesser haben, und 1 Zoll dick sind: ihr Polzen ist $\frac{1}{2}$ Zoll dick. Um auch an den Straßenbäumen die Reibung zu verringern, legt man noch Seitenwellen an, die 3 Zoll im Durchmesser halten, und 1 Zoll dick sind.

## 436.

Ist der Wagen um die ganze Länge des Blocks fortgeschoben, so muß er gehemmt werden, welches auf folgende Art geschieht, oder vorgeht. Wird die Maschine vom Wasser getrieben, so steht mit dem Schutzbrette vor dem Gerinne des Wasserrades ein Hebebaum in Verbindung, wovon der eine Arm sich bis in die Mühle hinein erstreckt. Am Ende dieses Arms wird ein Strick gebunden, woran ein Ring be-

festiget ist, den Iman über einen, in einer von den Säulen des Sägegatters angebrachten Kleinhacken, hängt. Am hintern Ruheschemel des Wagens ist ein eiserner Bolzen geschlagen, der bei seiner Annäherung an den Klinkhacken stößt, uud den Ring löset. Sobald dies erfolgt, fällt das Schutzbrett nieder, weil die Einrichtung, vermittelst eines angehängten Gewichts, so gemacht ist, daß auf der Seite des Hebebaums', wo das Schutzbrett angehängt ist, das Uebergewicht sich befindet.

437.

Was die Berechnung dieser Maschine betrift, so ist diese, theils wegen des Reibens, theils wegen des Widerstandes des Holzes, gegen die Säge, schwer; und die dazu gehörigen Sätze müssen noch durch mehrere anzustellende Beobachtungen an solchen Maschinen, heraus gebracht werden. Damit aber der Widerstand, welchen die Sägemühle zu überwinden hat, immer gleich groß bleibe, muß das Gewicht des Sägegatters mit der Säge halb so groß sein, als der Widerstand, welchen die Festigkeit des Holzes, der Bewegung der Säge entgegen setzt. Denn indem die Säge steigt, so schneidet sie nicht ein, welches sie aber thut, indem sie heruntergezogen wird. Im ersten Falle hat die Maschine das Gewicht des Sägegatters mit der Säge zu überwinden. Im zweiten Fall aber nur den Widerstand des Holzes, und diesem kommt das Gewicht des Sägegatters mit der Säge zu Hülfe.

438.

Nach Belidor können drei an einer Säge arbeitende Personen, in einer Stunde einen annoch grünen 12 Zoll ins Gevierte starken eichnen Stamm, bis auf eine Länge von 10 Fuß von einander sägen, wenn zwei davon unten stehen, und die Säge niederziehen, der dritte aber oben stehet, und die Säge wieder hinauf ziehet, auch jedesmal von oben herab die Säge mit niederdrückt. Jeder Arbeiter wendet alsdann etwa 30 Pfund Kraft an, also beträgt der Widerstand 90 Pfund. Das völlig trockne widerstehet weit stärker, als wenn es noch grün ist. Nach Belidors Erfahrung können drei Arbeiter einen 12 Zoll dicken, völlig trocknen eichenen Stamm in einer Stunde nur auf eine Länge von 5 Fuß von einander sägen. Wenn das eichene Holz 7 bis 8 Zoll dick und noch grün ist, so durchschneiden sie stündlich eine Länge von 25 bis 26 Fuß; wenn es aber völlig trocken ist, nur 17 bis 18 Fuß. Von weichem 12 Zoll starkem Holze, wenn es grün ist, zerschneiden 3 Arbeiter stündlich eine Länge von 14 Fuß, wenn es aber trocken ist, nur $6\frac{1}{2}$ bis 7 Fuß. Von weichem altem Holze, 7 bis 8 Zoll stark, können drei Arbeiter stündlich eine Länge von 31 bis 32 Fuß zerschneiden. Nach diesen Erfahrungen läßt sich die Anordnung einer Sägemühle berechnen. Für die Geschwindigkeit der Säge muß man nicht mehr als 5 bis 6 Fuß in einer Secunde annehmen.

439.

Will man eine solche Maschine mit der Berechnung untersuchen, so stelle man einen Versuch mit einer würklichen Mühle an. Dazu gehört nun, daß man das lebendige Gefäll des aufschlagenden Wassers wisse, und daraus die dazu gehörige Geschwindigkeit finde. Hieraus ergiebt sich auch die Geschwindigkeit der Schaufel für den grösten Effect der Mühle. Aus der relativen Geschwindigkeit des Wassers und der dazu gehörigen Höhe, und aus der Fläche der Schaufel ergiebt sich, wie der Leser aus dem vorhergehenden weiß, die grösste Gewalt des Stoßes. Aus dem Durchmesser des Rades und der Geschwindigkeit der Schaufeln, ergiebt sich die Umlaufszeit des Wasserrades, und hieraus kann man leicht das Moment der Kraft finden. Nun muß man die Geschwindigkeit der Kürbel zu finden suchen, welche herauskömmt, indem die Zahl der Zähne des Stirnrades an der Mühlenwelle mit der Zahl der Stäbe des Trillings an der Kürbelwelle getheilt werden. Der Quotient giebt die Umlaufszeit der Kürbel, die mit der Zeit eines Schnitts und Rückzuges der Säge übereinkommt. Aus dem Moment der Kraft und der Geschwindigkeit der Last, läßt sich die Last iselbst bestimmen; oder wenn man diese als gegeben ansieht, die Kraft, welche dazu nöthig ist, den Widerstand des Holzes und das Gewicht des Sägegatter zu überwinden, anzugeben.

440.

Um Marmor und Steine zu zerschneiden, bedienet man sich solcher Schneidemühlen, die nicht so zusammengesetzt sind, als die Sägemühlen. Denn die Bewegung ist nur einfach, nemlich horizontal. Die Säge selbst ist ohne Zähne, und da es bei dieser Mühle darauf ankömmt, vorzüglich das Reiben zu vermehren, so wirft man in die Schnitte des Steins, viel feinen Sand; damit sich aber die Sägen nicht so leicht erhitzen, begießt man sie fleißig mit Wasser. Die Sägen bei diesen Mühlen gehen horizontal, und müßen beim Sägen nur fest an den Marmorblock gedruckt werden.

Wird eine solche Mühle durch ein Wasserrad getrieben, so befindet sich an der Welle des Rades ein Kammrad, das in einen vertical stehenden Trilling greift, an dessen Welle eine Kürbel ist, der die Zugstange, die in dem Sägegatter der Säge befestiget ist, bei ihrem Herumdrehen, hin, und herzieht.

Anmerk. Herr von Stetten, in seiner Kunst, und Handwerksgeschichte von Augsburg, beweißt, fast ohne Zweifel, daß 1322 Augsburg schon Sägemühlen hatte.

Infant Heinrich ließ unter vielen Sachen auch Sägemühlen nach der neuentdeckten Insel bringen, wo schönes Holz zu Brettern gesägt wurde.

1427 hatte Breslau eine Sägemühle. 1490 bauete man zu Erfurt eine Sägemühle.

Norwegen erhielte seine erste Sägemühle 1530.

1552 hat der Mathematiker, Jacob Geusen, die erste Pred- oder Brettmühle zu Joachimsthal angelegt.

Die Holländer scheinen erst im Jahre 1596 die erste Sägemühle zu Saardam angelegt zu haben.

1653 ist die erste Mühle dieser Art in Schweden erbauet worden. Schweden hat vielleicht gegenwärtig die größte in ganz Europa. Denn sie hat ein zwölf Schuh breites Wasserrad, und treibt auf einmal 72 Blätter.

In England sind diese Mühlen erst spät eingeführt.

## Die Bohrmühlen.

### 441.

Auch bei diesen Mühlen kommt, wie bei den Sägemühlen, eine doppelte Bewegung vor. Einmal muß sich der Bohrer um seine Axe drehen, und zweitens muß derjenige Körper, der ausgebohrt werden soll, sich gegen den Bohrer hin bewegen. Beider Zweck kann auf folgende Art erreicht werden. A (Fig. 83. Teb. IX.) sei die Welle des Wasserrades, und B das daran befindliche Kammrad. Dieses greift in den Trilling C, an dessen Axe D, sich noch ein anderer Trilling E, befindet. Dieser greift von vorne in das Kammrad F, an dessen Axe der horizontale Bohrer befindlich ist; von der Seite greift er in das Stirnrad G. An

der

der Welle dieses Rades befindet sich eine Kürbel, die mit einer horizontalliegenden Schiebstange versehen ist. Diese greift in die Zähne eines Sperrades (welches wegen des sonstigen Zurückgehens mit einem Sperrkegel versehen ist) an dessen Welle ein Getriebe ist, das in die Zähne des Wagens greift, auf welchen der zu bohrende Körper liegt, und dem Bohrer entgegen gerückt wird.

442.

Kanonen werden in einer lothrechten Lage gebohrt; Flintenläufe kann man vertikal und horizontal bohren. Die Pumpenröhren können auf eben diese Art gebohrt werden; die Bohrer müssen aber, wegen ihrer Länge, unterstützt werden, welches mit der Bohrbrille geschieht. Mit einer Bohrmühle ist gewöhnlich eine Schleifmühle verbunden. Der Schleifstein wird vermittelst eines Trillings an der Axe desselben, durch ein in den Trilling eingreifendes Kammrad, schnell herum getrieben. Das Kammrad erhält seine Bewegung durch einen an seiner Axe befindlichen Trilling. Dieser Trilling wird von dem Stirnrade, das an der Welle des Wasserrades befindlich ist, herumgetrieben. An die Spindel oder Axe des Schleifsteins, setzt man zwei große hölzerne Scheiben, worüber eine Schnur geschlagen wird, die über eine Rolle geht, an deren Spindel die Schleifsteine zum Nachschleifen, und die hölzernen, zum Theil mit Leder überzogenen, Polirscheiben, sitzen.

Die

## Die Zubereitung des Tabacks.

### 443.

Die Tabacksblätter werden in unsern Fabriken auf einer Schneidemaschine (Schneidelade) bearbeitet, die in Ansehung des Mechanismus, viel ähnliches mit den Säge- und Bohrmühlen hat. Denn beim Schneiden des Tabacks, geht zugleich eine doppelte Bewegung vor, eine verticale mit dem Messer, und eine horizontale mit dem Block der Schneide-Maschine. Beide Bewegungen geschehen zu gleicher Zeit. In den Hauptstücken kommt diese Maschine mit einer Hexellade überein; doch weicht sie in einzelnen Stücken von derselben ab. Sie wird entweder durch Menschen oder durch Pferde, oder auch durch Wasser in Bewegung gesetzt. Es giebt für die Menschen kleine und große. Die erstern halten etwa 30 bis 40 Pfund, die letztern 70 bis 80 Pfund.

### 444.

Vermittelst einer eisernen Presse, die bei jeder Maschine nicht fehlen darf, werden die ausgesuchten Tabacksblätter, wohl geordnet, von dem Tabacksschneider, in den Kasten oder Lade der Maschine gelegt, und stark zusammengepreßt. Bevor er aber in den Kasten kömmt, müßen die Blätter mit Wasser stark angefeuchtet werden. Das, zu der Maschine gehörige Messer, ist so lang als die Oefnung der Maschine breit ist. Es wird durch einen Hebel, der in dem

Messer-

Messerrücken steckt, bewegt, oder eine Kürbel wird durch das Wasserrad in Bewegung gesetzt, falls die Maschine von einem Rade herumgetrieben wird. Das Messer hängt, vermittelst einer Leitstange, mit dem Bodenbrette zusammen, und zwar von hinten zu. So wie das Messer von dem Arbeiter in die Höhe gehoben wird, so schieb die Leitstange das Bodenbrett der Schneidelade grade um so viel vor, als die Tiefe des Schnitts betragen soll. Damit aber dieser Schnitt nicht weiter vorrücke, so fällt beim Niederfallen des Messers, ein Hacken in ein Sperrad, der sich am Bodenbrette der Maschine befindet. Ist das Bodenbrett ganz herausgerückt, so ist die Schneidelade völlig ledig. Der geschnittene Taback fällt neben der Maschine nieder. In den Messerstangen sind Löcher angebracht, durch welche die Messer auf einen feinen oder groben Schnitt gestellt werden können. Denn, bekanntlich wird beim Verkauf des Tabacks, auf die Feinheit des Schnitts besonders gesehen.

445.

Nachdem der Taback geschnitten worden ist, so muß er getrocknet werden, und dabei ein besseres, gewöhnlich krauses Ansehen erhalten. Dieses kann nur durch die Wärme geschehen. Zu dem Ende schüttet man ihn auf den Darren. Dieser ist nichts weiter als einen oben mit einer eisernen Platte bedeckten Herd, der aber gewöhnlich, ausser der Platte, noch mit Ziegelsteinen belegt ist. Auf diesen Herd

wird

wird er so feucht, wie er aus der Maschine kommt, hinauf geworfen und umgerührt. Der Tabacksdampf steigt von allen Seiten auf, und muß durch Züge in freier Luft abgelassen werden. So wie der Taback trocknet, läßt der Dampf nach, und nach 2 oder 3 Stunden ist er völlig trocken geworden, und zum Verkaufe fertig.

446.

Ein Theil des getrockneten Tabacks wird in Pakete von Papier eingeschlagen und zugesiegelt. Diese Pakete sind von verschiedener Größe oder Schwere, als von 1 ℔, ½ ℔ und ¼ ℔. Diese Arbeit, oder wie man es auf der Fabrike nennt, das Einschlagen, geht geschwinde vor sich. Der Einschläger sitzt an einem Tische, der oben mit einem Rand eingefaßt ist, damit der Taback, der zum Theil auf dem Tische liegt, nicht herunterfalle; hat neben sich eine Waage hängen, worauf der Taback gewogen wird, und die Maschinen, wodurch er seine Arbeit verrichtet, vor sich stehen. Diese gleicht einem Trichter, gewöhnlich aus Blech gemacht. Die Form selbst ist vierseitig, und hierinn wird der Taback mit einem hölzernen Stempel hineingestoßen. Während daß der Arbeiter das Paket einschlägelt, siegelt ein neben ihm stehender Knabe, dasselbe zu.

447.

Dem Schneiden geht das Aussuchen und das Vermischen, das Entribben der Blätter, voran. Entrib-

ben

ben heißt, die Blattstengeln aus den Blättern abzulösen. Gewöhnlich geschieht dieses auf unsern Fabriken, von kleinen Knaben. Die Stengeln kommen hierauf auf eine Plättmühle, worauf sie zwischen Walzen, platt gemacht werden. Jetzt lassen sich diese besser zerschneiden und mit einer andern Tabacksorte vermischen. Der Stengel-Taback wird auch hin und wieder zum Schnupftaback genommen. Doch wird der mehrste aus den Blättern gemacht, die vorher auf einer eignen Maschine zu Karotten versertiget werden sind. Zu vielen Karotten mischt man Brasilianischen Taback, der schon im Lande mit einer eignen Sauce, die einen süßlichen Geschmack hat, und einem Sirup glecht, vermischt worden ist. Das Sauciren des Schnupftabacks ist das wichtigste bei dieser Fabricatur. Gewöhnlich setzt man sie aus süßen Sachen zusammen, als Syrup, Pflaumen, Rosinen, welche fast immer mit flüchtigem Alkali, oder mit Salmiak, Pottasche, auch wohl mit Urin, der gewißermaßen schon in Fäulniß übergangen ist, vermischt werden. Die flüchtigen Salze werden deswegen gebraucht, damit der Taback nicht so stark in Fäulniß übergehe. Gerieben wird der Taback auf eigne dazu eingerichtete Reib-Maschinen; oder ganz fein gemahlen, wie der Fall mit dem spanischen Taback ist. Dies geschieht auf eignen Mühlen, wo zwei Steine vertikal in einen ausgehölten Läufer herum getrieben werden. Zu einigen Schnupftabacksarten werden auch Erden, selbst metallische Kalke, Glasarten u. s. w. zugesetzt,

die auf den Geruchsnerven einen größern Reitz hervorbringen, aber der Gesundheit auch sehr nachtheilig sind, oder durch einen starken Gebrauch, werden können. Von der Verfertigung der Saucen wird noch bei manchem Fabrikanten ein großes Geheimniß gemacht. Verschiedene haben auch dabei große Summen gewonnen. Einen guten Geruch verschaft man auch den Schnupftaback, indem man Toncabohnen unter denselben mischt. Diese Bohnen kommen aus Südamerika über Cadix zu uns, und werden das ℔ zu 9 bis 10 Mk. Hamb. Cour. verkauft.

448.

Taback oder Toback, hat seinen Namen von der westindischen Insel Tabago bekommen. Daraus folget aber nicht, daß dieses Kraut ursprünglich aus Amerika gekommen, sondern man will vielmehr aus sichern Nachrichten schließen, daß der Taback schon vor der Entdeckung von Amerika, in dem östlichen Theil von Asien bekannt gewesen ist. So viel ist gewiß, daß 1496 ein spanischer Mönch, Namens Roman Pane, zuerst denselben auf St. Domingo kennen gelernt. Im Jahre 1559 brachte ein französischer Gesandter in Portugal, Namens Nicot, denselben zuerst nach Frankreich.

449.

Der beste Taback heißt Varinas, von einem Orte Varin in Neuspanien. In Europa ist dieser unter dem Namen Kanaster bekannt, von dem

schen Worte Kanasta; ein Korb, weil er in Körben eingepackt, nach Europa kömmt, und zwar in Rollen, die ein Gewicht von 6 bis 12 ℔ haben, und in Hamburg Pfundweise, wie fast aller ausländischer Taback, verkauft wird. Es giebt noch andere Sorten, die denselben Namen bei uns führen, aber in Ansehung der Güte sehr von dem eigentlichen Kanaster abweichen. Dahin gehört der Macaibo-Taback aus Südamerika, der Oronocko, vom Fluße gleiches Namens. Die spanische Insel Portorico liefert fast einzig und allein den Taback, der unter diesem Namen bekannt ist. Die Schiffe, die von St. Thomas, der Dänisch-westindischen Insel kommen, bringen ihn gewöhnlich nach Hamburg mit. Er ist in Rollen zusammengewickelt, wovon eine 6 bis 8 Pfund wiegt. Die Holländer bringen ebenfalls eine gute Sorte Taback aus Curaco.

Nächst diesen westindischen, kommt der beste Taback aus den Nordamerikanischen Freistaaten, besonders aus den Provinzen Maryland, Virginien, und andern Gegenden. Den Maryländischen hält man für den besten, worauf der Virginische, der aus gelben Blättern besteht, folgt. Der amerikanische Blätter-Taback kommt in Oxhöften, von 12 bis 13 Centner schwer. Er wird in Hamburg Pfundweise in Schillinge Bco verkauft.

Aus Brasilien, über Lissabon, kommt der berühmte portugiesische Taback in Rollen, der mit den übrigen Sorten vermischt wird, aber auch im Oesterreichischen

und

und Böhmischen, stark geraucht werden solle. Dieser Taback trift von einer starken Sauce. Man rechnet die jährliche Einfuhr in Hamburg auf 8000 Rollen.

Aus den amerikanischen Blättern, bereitet man auf unsern deutschen Fabriken, allerlei Tabacksorten von verschiedenen Namen, als Lux, Swicent u. s. w. Auch der levantische oder türkische Taback kommt hin und wieder bei uns vor. In Holland bauet man drei Sorten, die durch den Handel ausgeführt werden, nemlich Bestgut, Sandgut und Erdgut. In der Gegend von Amersfort war ehemals die Cultur des Tabacks sehr in Rufe, soll aber gegenwärtig viel von seinem Credit verlohren haben. Von den Sorten, welche in Deutschland gebauet werden, schätzt man die Pfälzischen, die Fränkischen, die Hessischen vorzüglich, und werden sehr häufig mit den ausländischen vermischt, und so für fremden Taback verkauft. Der Brandenburger, Sächsische, Mecklenburgische und der Hannöversche, ist weit schlechter als die drei ersten Arten. Sie werden gewöhnlich gesponnen verkauft, und so von den Landleuten selbst geschnitten, verraucht.

Was den Schnupftaback betrift, so werden bei uns nur wenige Karotten gemacht. Die mehrsten erhalten wir aus Dünquerken, St. Omer und Frankfurt am Main.

Roh, oder in Karotten, steigt und fällt der Preis.

Im Durchschnitte gilt das Pfund etwa 6 bis 8 Schill. Bei der Verfertigung des Schnupftabacks bedient man sich allerlei Mischungen und Saucen, durch welche vorzüglich der Geruch und die Stärke desselben beförderlich wird.

450.

Gegenwärtig hat sich mit der Verarbeitung des gewöhnlichen Tabacks, noch ein anderer Nebenzweig verknüpft. Dieser besteht in der Verfertigung der Cigarros, die wir in Deutschland vor 10 Jahren fast gar noch nicht kannten. Jetzt raucht sie in den Seestädten, besonders in unserm Hamburg, fast jeder. Unsere und amerikanische Schiffer, haben sie zuerst eingeführet, und brachten sie aus Westindien, vorzüglich im Anfange aus Havana, dem Hauptorte der Insel Cuba, mit. Diese sind ohnstreitig die besten, und die wohlriechendsten von allen übrigen. Sie kommen in kleinen hölzernen Kästgen von 2 bis 3 Pfund. Gegenwärtig sind sie äusserst selten, und das Pfund derselben, die ächten nemlich, werden für 10 bis 12 Rthlr. verkauft. In Europa verfertigt man sie am besten, aus den ächten amerikanischen Blättern, in Sevilla. Ausser diesen kommen viele andere Cigarros vor, die theils in Westindien, theils in Nordamerika, verfertiget werden. Sie sind von verschiedener Güte, aber stehen dem Havanischen weit nach. Man hat auch selbst welche aus der Isle de France eingeführet. Jetzt werden sie bei uns aus

aller-

allerlei Tabacksblättern in großer Menge bereitet, und einen beträchtlichen Erwerbzweig damit getrieben. Neger sollen die Kunst sie zu verfertigen, Europäer zuerst gelehrt haben.

## Beschreibung verschiedener Maschinen, wodurch das Wasser entweder mit oder ohne Luft gehoben wird.

### 451.

Etwas allgemeines von einzelnen einfachen Maschinen, welche das Wasser durch den Druck der Luft bis zu einer bestimmten Höhe heben, ist schon in der Aerometerie bei der Erklärung der Sauge-Pumpe und des Hebers, (§. 228) beigebracht worden. Allein dies ist bei weitem zur Erklärung der Bewegung des Wassers, durch verschiedene Maschinen, nicht hinlänglich, sondern wenn wir die Ursache darüber wissen wollen, so müssen wir noch weiter darinn gehen. Wir müssen also zu der obigen Erklärung des Hebers (Fig. 48 u. 49) noch folgendes hinzusetzen: die atmosphärische Luft drückt auf die Wasserfläche D E so stark, daß sie das Wasser bei A in die Oefnung des Hebers hineintreibt, und es bis B bringt. Diesem entgegen druckt die Luft mit einer Gewalt, die dem flächen Inhalt des Durchschnitts bei B multiplicirt 32 Fuß weniger B E = B H ist; oder wenn der Durchschnitts Inhalt bei B = $a^2$ ist, so ist die Gegenwirkung = $a^2$ (32 — B H.)

Aber

Aber auch die Luft druckt in C aufwärts, und sucht das Wasser im Schenkel B C zu erheben, d. i. in B nach der linken, so wie der erste Druck es nach den rechten Hand zu treiben sucht. Dieser entgegengesetzte Druck bei B ist demnach $= a^2 (32 - B C)$. Welcher Druck der größte ist, und nach der Seite muß sich das Wasser auch hinbewegen. Man nehme den rechter Hand von B an, so ist $= a^2 (32 - B H - 32 + B C) = a^2 (B C - B H) = a^2 C H$; um so viel als dieser Unterschied beträgt, wird das Wasser nach C hingetrieben, und fließt also bei C heraus. Das Wasser fließt daher noch so lange, so lange B C größer ist als B H. Dieser Zusatz wird obige Erklärung (231, 233) klarer und verständlicher machen.

452.

Die Höhe B E eines Hebers kann nie über 32 Fuß gehen, weil die Atmosphäre das Wasser auf keine größere Höhe tragen kann. Nun ist B E = B H; also müßte $a^2$ (32 Fuß — B H) ein negativer Ausdruck werden, und das Wasser müßte nothwendig wieder nach D E zurückfallen, und bei B ein leeren Raum entstehen. Durch diesen Satz lassen sich also alle Heber erklären. Daraus folgt auch offenbar, daß die ausgießende Oefnung bei C niedriger liegen muß, als die Wasserfläche bei D E.

453.

So gut sich das Wasser durch Wegschaffung der Luft zum fließen oder springen bringen läßt, eben

so

so gut kann dies auch durch die Verdichtung der Luft geschehen. Hierauf gründet sich der Herons-brunn. Man nehme zwei wasserdichte Kasten A B C D und E F G H an, (Fig. 84) die beide durch Röhren auf folgende Art mit einander verbunden sind.

Der Kasten A B C D ist oben Tellerförmig ausgearbeitet, und mit einer kleinen Oefnung I versehen, durch welche der Kasten A B C D mit Wasser angefüllet werden kann. Ebenfalls geht von der Oberfläche des obern Kastens eine Röhre O P herunter, die sich mit ihrem untern Ende beinahe bis an den Boden des untern Kastens erstreckt. Die Röhre M N endigt sich mit ihrem einen Ende N auf der obern Fläche des untern Kasten E H F G. Zuletzt geht eine Röhre L K, die oben in eine spitze Oefnung sich endigt, und mit dem andern offnen Ende L etwas von dem Boden des obern Gefäßes entfernt bleibt. Dies ist die äussere und innere Verbindung dieses Brunnens, und die beiden Röhren M N und O P können zur Unterstützung dienen, und ihn tragen helfen.

454.

Soll demnach dieser Brunnen springen, so fülle man den obern Kasten A B C D durch die Oefnung I mit Wasser an. Dann verstopfe man die Oefnung I, und gieße aufs neue Wasser in den tellerförmigen Deckel, so läuft dieses durch die Röhre O P in den untern Kasten E F H G, treibt die Luft aus dem

dem untern Kasten heraus, und da diese keinen andern Weg findet, so sieht sie sich gezwungen, durch die Röhre N M in den obern Kasten zu steigen. Hier muß sie Wasser aus der Stelle treiben, und da dieses nicht anders ausweichen kann, als durch die Röhre L K, so muß es hier mit einem lebhaften Strahl herausfahren oder vielmehr herausspringen. Dieses herausspringende Wasser fällt wieder in den Teller zurück, und läuft durch die Röhre O P wieder in den untern Kasten, und nöthiget die Luft aufs neue denselben Weg zu machen, den sie das erste mal genommen hat. Folglich muß der Strahl wieder aus K herausspringen, und so geht es so lange fort, so lange noch Luft in dem untern Kasten enthalten ist, oder, welches einerlei ist, so lange der untere Kasten noch nicht mit Wasser ganz angefüllet ist Auf diesen Heronsbrunnen gründet sich die Gruben-Maschine zur Förderung des Gruben-Wassers von J. C. Höll, die im Jahre 1753 von ihm erfunden worden ist.

455.

Auch durch diejenige Luft, die durch die Wärme ausgedehnt wird, läßt sich ein artiger Springbrunnen vorstellen, der fast einerlei Einrichtung mit dem Heronsbrunnen hat. Es sei A B C D (Fig. 85.) ein wasserdichter Kasten, der mit einer Oefnung L versehen ist. In diesem Kasten befindet sich eine ähnliche Springröhre K J, wie in der vorigen Figur, nur geht sie beinahe bis an den Boden des

Kastens herunter. Noch kommt eine andere Röhre H G vor, welche in den untern Kasten C D E F hineingeht, und diesen mit dem obern verbindet. Dieser untere Kasten ist aber leer. Nun fülle man durch das Loch L, den obern Kasten bis an H mit Wasser an, stopfe die Oefnung L zu, und setze die Maschine mit dem Boden E F über Kohlenfeuer, so wird die Luft in dem untern Kasten verdünnet, und muß durch G H in den obern Kasten steigen, wo sie das Wasser nöthiget, durch das Springrohr I K herauszuspringen.

456.

Von der Saugepumpe haben wir oben (§. 228 u. f. w.) das Nöthige, um diese Pumpe von einer andern zu unterscheiden, erkläret. Indessen wird es doch gut sein, der obigen Beschreibung der Saugspumpe, eine noch etwas mehr als allgemeine, hier beizufügen. A B C D (Fig. 86. Tab. X.) sei der Stiefel der Pumpe, welcher bis K L unter Wasser steht, und daher nennt man diese, zum Unterschied derjenigen, davon nur ein Theil der Röhre im Wasser steht, eine gemeine Wasserpumpe. F G H ist der Kolben, der an der Kolbenstange E F befestiget ist, und sich gleichfalls unter Wasser befindet. In I R liegt im Stiefels unteren Ende eine Klappe, durch welche das Wasser in den Stiefel tritt. Der Kolben F G H, habe ebenfalls eine Klappe G H. Zwischen beide Klappen befindet sich ein leerer Raum, und das Wasser, welches über den Kolben steht,

drückt die Klappe mit der Höhe S H, nieder. Wird der Kolben nun wieder in die Höhe gezogen, so wird das Wasser, das über ihm steht, mit gehoben, und das äussere Wasser druckt die Klappe J R auf, und steigt in diesen Raum. Geht der Kolben wieder herunter, so druckt das unten stehende Wasser die Klappe J R zu, und verhindert, daß das Wasser nicht wieder aus dem Stiefel treten kann. Der Kolben wird zum zweitenmal in die Höhe gezogen, und es tritt noch mehr Wasser in den Stiefel. Beim Niederdrucken kann das Wasser nicht zurückweichen, und ist der Raum zwischen dem Kolben und der Klappe ganz mit Wasser angefüllet, so muß es beim abermaligen Niederdrucken des Kolbens, die Klappe G H in demselben öffnen, und über den Kolben treten. Dieses Wasser wird also mit getragen, und kann nicht wieder heruntergehen, weil es die Klappe durch seine Schwere niederdruckt. Dieselbe Arbeit geht nun fort, und das Wasser tritt im Kolben immer höher, bis es an die Auslaufsröhre N M kömmt, wo es auslaufen muß. Sind die Ventile oder Klappen in der Pumpe, und der Kolben fest genug, daß sie den Druck des Wassers, der sich nach der Linie Q H richtet, aushalten können, so kann die Pumpe bis Q mit Wasser angefüllet werden, und man braucht nur den Kolben aufzuziehen, so fließt das Wasser aus der Röhre N M heraus. Hat man Kraft genug, so läßt sich, vermittelst dieser Pumpe, das Wasser so hoch bringen als man will. So lange der Kolben

F G H unter dem obern Stand des Wassers K L bleibt, so hat die Wirkung der Luft gar keinen Einfluß auf diese Pumpe, oder kömmt vielmehr gar nicht in Betracht.

457.

Aber dessen ohngeachtet kann der Kolben beträchtlich über die Oberfläche des Wassers treten, und das Wasser folgt ihm doch, wenn nur die Höhe nicht über 32 Fuß steigt. Eine solche Pumpe heißt eine Saugepumpe, davon wir das allgemeine schon in (228 u. f. w.) beschrieben haben. Eins und das andere müssen wir hier noch über diese nützliche Maschine hinzusetzen und anmerken. Die Hauptsache bei einer Saugepumpe beruhet vorzüglich darauf, das der Kolben den Boden des Stiefels genau berühret. Geschieht dieses nicht, so enthält dieser Raum immer etwas Luft, und diese ist dem Hinaufsteigen des Wassers immer hinderlicher, je größer er ist. Daher kommt es, daß man Pumpen findet, die einen großen schädlichen Raum haben, daß sie das Wasser kaum 16 Fuß in die Höhe bringen können. Dieser Raum würde sich noch mehr vergrößern, wenn die Klappe b (Fig. 47.) nicht im Boden B C läge. Die allerschlimmste Lage der Klappe würde diese sein, wenn man sie unten in l m hinlegen wollte. Der Raum zwischen dem Kolben und dem Boden des Stiefels heißt der schädliche Raum, für den man am meisten zu fürchten hat.

458.

458.

Verschiedene berühmte Mathematiker, als Belidor, Muschenbroeck und Karstens, haben sich mit der Rechnung der Saugepumpen beschäftiget, worunter sich der Hofrath Karstens besonders ausgezeichnet, und Muschenbroeck in seinen gefundenen Formeln etwas verbessert hat. Für diejenigen Leser, welche so viel algebraische Kenntniße besitzen, als in dieser kleinen Encyclopädie gezeigt und erläutert worden ist, werden folgende Aufgaben, über diesen Gegenstand im Stande sein, aufzulösen. Ich entlehne sie aus Hofrath Karstens Hydraulik, XVII. Abschnitt, 5. Theil, und aus der Ursache, weil nicht jeder meiner Leser dieses wichtige Werk in Händen habe, und vielleicht auch abgeschreckt werde ein Werk dieser Art zu lesen, das mit gar zu vielen Rechnungen angefüllet sind, die sie nicht verstehen. Vielen mag das folgende Beyspiel auch nicht hinlänglich deutlich sein, und den verweisen wir auf unsere kleine Algebra.

459.

Aufgabe. Die Stiefelhöhe AB (Fig. 87. Tab. IX.) und die Höhe der Saugröhre BZ ist gegeben, nebst der Höhe des Stiefel-Ventils B über dem Wasserpaß YZ, und der Höhe des Kolbenhubs AB. Wie hoch tritt das Wasser, nach dem ersten Hub, in die Röhre ein?

Auflös.

Auflöſ. Die Höhe B Z ſei = b, Höhe A B = c; alſo A Z = b + c = a. Der Inhalt des Querſchnitts vom Stiefel = $m^2$ und der der Saugeröhre = $n^2$. Demnach iſt der Inhalt der Saugeröhre = $b . n^2$, und der des Stiefels bis zu dem höchſten Kolbenſtand = $m^2$ c.

Das Waſſer ſteige bei dem erſten Hube bis Z X = x, ſo füllt die innere Luft den noch übrig gebliebenen Raum A X ein, oder welches einerlei iſt, den Raum = A Z — Z X = A B + B Z — Z X = $m^2$ c + $n^2$ b — $n^2$ x = $m^2$ c + $n^2$ (b — x.) Von dieſer Luft ſei die Federkraft = h', und von der atmoſphäriſchen = h, und da man beweiſen kann und bewieſen hat, daß die Federkraft der Dichtigkeit der Luft (verſteht ſich bei kleinen Dichtigkeiten) proportional ſei, ſo iſt $m^2$ c + $n^2$ (b — x) : $n^2$ b = h : h'. Alſo die Federkraft für die Höhe A X,

$$\text{oder für } h' = \frac{n^2 b h}{m^2 c + n^2 (b - x)}.$$

Aber h iſt = h' + x; alſo x = h — h'. Demnach

$$x = h - \frac{n^2 b h}{m^2 c + n^2 (b - x)}.$$

Multiplicire die Gleichung mit dem Nenner $m^2$ c + $n^2$ (b — x,) ſo erhält man

$m^2$ c x + $n^2$ b x — $n^2$ $x^2$ = $m^2$ c h + $n^2$ h b — $n^2$ h x — $n^2$ b h

= $m^2$ c h — $n^2$ h x. Oder

$n^2$

$n^2 h. x^2$; oder $n^2 x^2 - (m^2 c + n^2 b + n^2 h) x =$
$- m^2 c h$. Dividire die ganze Gleichung mit $n^2$, so er,
giebt sich $x^2 - \left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right) x = \frac{- m^2 c h}{n^2}$ *;
eine vermischte quadratische Gleichung, die nach (Alge-
bra. S. 129) aufgelöset werden muß, und $x = \frac{1}{2}$
$\left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right) \pm \sqrt{\left(\frac{1}{4}\left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right)^2\right.}$
$= \frac{m^2 c h}{n^2}$.

* Anmerk. Die Ergänzung dieser Gleichung geschieht auf folgende Art:

$$x^2 - \left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right) x + \frac{1}{4}\left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right)^2 = - \frac{m c h}{n^2} + \frac{1}{4}\left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right)^2$$

hieraus die Wurzel gezogen, giebt

$$x - \frac{1}{2}\left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right) = \pm \sqrt{\left(\frac{1}{4}\left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right)^2 - \frac{m^2 c h}{n^2}\right)}$$ also

$$x = \frac{1}{2}\left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right) \pm \sqrt{\left(\frac{1}{4}\left(\frac{m^2 c}{n^2} + b + h\right)^2 - \frac{m^2 c h}{n^2}.\right)}$$

Nun

Nun sei die Stiefelweite gleich der Saugeröhrenweite, so ist $m^2 = n^2$, und für c setze man a — b, so ist $x = \frac{1}{2}(a - b + b + h) \pm \sqrt{(\frac{1}{4}(a - b + b + h)^2 - c\,h)} = \frac{1}{2}(a + h) \pm \sqrt{(\frac{1}{4}(a + h)^2 - c\,h.)}$

460.

Diese letzte Gleichung kann man als eine Allgemeine betrachten, die sich auf alle Fälle, auch wenn Stiefel- und Saugeröhre ungleich weit sind, anwenden läßt, wenn man $a = \frac{m^2}{n^2}.\ c + b$ setzt, da dann $\frac{m^2\,c}{m^2}$, die auf die Weite der Saugeröhre reducirte Höhe des Kolbens heißt.

Wenn nemlich statt des Stiefels, dessen Queerschnitt $m^2$ ist, ein anderer gebraucht würde, der eben so weit, als die Saugröhre wäre, so müßte der Kolben um die Höhe $\frac{m^2\,c}{n^2}$ gehoben werden, wenn bei jedem Zug eben so viel Luft aus der Saugröhre in den Stiefel treten sollte, als im vorigen Fall.

461.

Bei dem zweiten Hube muß das Wasser von X bis W in der Saugeröhre steigen; also sucht man bei diesem X W = y. Was vorhin b — x war, sei

sei jetzt $= b$, und die Federkraft der innern Luft nach dem zweiten Hub $= h''$, so setze man für die vorhergehende Proportion

$m^2 c + n^2 (b - x) : n^2 b = h : h'$, jetzt folgende:

$m^2 c + n^2 (b - y) : n^2 b = h' : h''$;

also $h'' = \frac{n^2 b h'}{m^2 c + n^2 (b - y)}$, und da $h'' = h' - y$; so ist $y = h' - h''$, und also $y = \frac{h' - h' - n^2 b h'}{m^2 c + n^2 (b - y)}$. $=$

$m^2 c y + n^2 b y - n^2 y^2 = m^2 h' c - n^2 h' y$

$= n^2 y^2 - (m^2 c + n^2 b + n^2 h') y = - m^2 h' c$; und daher auch

$$y^2 - \left(\frac{m^2}{n^2} c + b + h'\right) y = - \frac{m^2 h' c}{n^2}.$$

Das Quadrat ergänzt, und hieraus die $\surd$, giebt für

$$y = \tfrac{1}{2} \left(\frac{m^2}{n^2} c + b + h'\right) \pm \surd \left(\tfrac{1}{4} \left(\frac{m^2}{n^2} c + b + h'\right)^2 - \frac{m^2 h' c}{n^2}.\right)$$

Ist also $m^2 = n^2$; so ist $y = \frac{1}{2} (c + b + h') \pm \surd (\frac{1}{4} (c + b + h')^2 - c h.)$

Setzt man $Z W = x + y = z$, so wird $b - y = b - z$, und $h'' = h - z$; also $m^2 c + n^2 (b - z) : n^2 b = h' : h - z$, woraus

(m²

$(m^2\ c + n^2\ (b - z)\ (h - z) = n^2\ b\ h'$ folgt,

und $z = \frac{1}{2}\left(\frac{m^2}{n^2} c + b + h\right) \pm \sqrt{(\frac{1}{4}\left(\frac{m^2}{n^2}\right.}$

$\left. c + b + h'\right)^2 - \frac{m^2\ ch}{n^2} - (b\,h - b\,h'))$ Es sei

wieder $m^2 = n^2$, so ist $z = \frac{1}{2}\ (a + b) + \sqrt{\frac{1}{4}}$ $(a + h) - ch - (b\,h - b\,h')$.

462.

Vermittelst der im vorigen gefundenen Formeln, lassen sich leicht diese durch Zahlen auflösen.

Es sei $BZ = b = 12$ Fuß; $AB = c = 4$ Fuß; $AZ = a = 16$ Fuß und $h = 32$ Fuß; so ist für die erste Formel $= x = \frac{1}{2}\ (a + h) \pm \sqrt{(\frac{1}{4}\ (a + h)^2 - ch)} = \frac{1}{2}(16 + 32) - \sqrt{(\frac{1}{4}\ (16 + 32)^2 - 4 \cdot 32)} = 24 = \sqrt{-(\frac{1}{4} \cdot 2304) - 128)} = 24 - \sqrt{(576 - 128)} = 24 - 21{,}166 = 2{,}834$ Fuß $= x = ZX$.

Für die letzte Formel ist $z = \frac{1}{2}\ (a + h) - \sqrt{(\frac{1}{4}\ (a + h)^2 - ch - (b\,h - b\,h')}$.

Nun ist $b = b - x = 12 - 2{,}834 = 9{,}166$ Fuß; $h' = h - x = 32 - 2{,}834 = 29{,}166$ Fuß. Folglich ist

$z = \frac{1}{2}\ (16 + 32) - \sqrt{(\frac{1}{4} \cdot 2304) - 4 \cdot 32 = (12 \cdot 32 - 9{,}166 \cdot 29{,}166))} = 24$

$24 - \sqrt{(576 - 128 - (384 - 267{,}33555^6)}$
$= 24 - \sqrt{331} = 24 - 18{,}202 = 5{,}798$
Fuß für den zweiten Hub.

463.

Der verstorbene Herr Hofr. Karstens hält die oben gefundene Formel von $y = \frac{1}{2}\left(\frac{m^2}{n^2} \cdot c + b + h'\right) - \sqrt{\frac{1}{4}\left(\frac{m^2}{n^2} + b + h'\right)^2 - \frac{m^2}{n^2} ch'}$ für die bequemste, wenn man berechnen will, um wie viel das Wasser bei jedem folgenden Kolbenzuge steige. $b$ bedeutet hier, der noch jedesmal mit Luft angefüllter Raum in der Saugeröhre, und $h'$ den jedesmaligen Stand der Dichtigkeit der Luft.

Setzt man $m^2 = n^2$; so ist

$y = \frac{1}{2}(c + b + h') - \sqrt{(\frac{1}{4}(c + b + h')^2 - ch')}$

Bei dem zweiten Hube stieg das Wasser in der Steigröhre 5,798 Fuß. Diesen Werth setze man $= x$; so ist $b = b - x = 12$ Fuß $- 5{,}798 = 6{,}202$; Ferner $h' = h - x = 32 - 5{,}798 = 26{,}202$. Also haben wir für

$y = \frac{1}{2}(4 + 6{,}202 + 26{,}202) - \sqrt{(\frac{1}{4}(4 + 6{,}202 + 26{,}202)^2 - 4 \cdot 26{,}202)} = 18{,}202 - \sqrt{(331{,}312804 - 104{,}808)} = 18{,}202 -$
15,050

15,050 = 3,152 Fuß = y. Dazu lege man den zweiten Hub = 5,798; so ist dieser = 8,950 Fuß.

Nach dieser Formel läßt sich folgende Tafel leicht weiter fortsetzen.

| Anzahl der Kolbenzüge | Der Werth von y | Höhe des Wassers in der Steigeröhre |
|---|---|---|
| 1 | 2,834 | 2,834 |
| 2 | 2,964 | 5,798 |
| 3 | 3,152 | 8,950 |
| 4 | 3,462 | 12,412 |

Hieraus kann man abnehmen, daß beim vierten Hub, das Wasser schon in den Stiefel tritt, beim fünften bis zum höchsten Stand des Kolbens steht, und beim sechsten zur Ausgusröhr herausfließt. Wenn die Queerschnitte in dem Stiefel und der Saugeröhre nicht von gleicher Größe sind, so muß für c, in der Formel der Ausdruck $\frac{m^2, c}{n^2}$ gebraucht werden, welches aber wenig Unterschied in den mehrsten Fällen macht.

464.

Wenn das Ventil im Stiefel mit dem Kolbenventil nicht genau zusammentrift, so entsteht, wie wir oben erklärt haben, ein schädlicher Raum, der verhindert, daß das Wasser nicht so hoch in der Pumpe steigt, als wenn dieser Raum nicht da wäre. Gesetzt

setzt nun, die Größe des schädlichen Raums mit den übrigen Abmessungen der Pumpe sei gegeben, man will nun wissen, wie hoch das Wasser nach ein oder mehrern Kolbenzüge, in die Saugeröhre hineintreten.

Es sei in Fig. 87. A der höchste und C der niedrigste Punkt des Kolbens; die größte Höhe desselben über die Oberfläche des Wassers YZ sei = a, die Höhe der Saugeröhre = b; die Höhe des schädlichen Raums = f, und sein körperlicher Inhalt = $k^3$; so ist $AZ = BZ + BC + CA = b + f + c = a$. Die Höhe $ZX = x$ läßt sich nun, wie vorhin, berechnen, wenn h die Dichtigkeit der Atmosphäre, und $h - x$ die abnehmende bedeutet.

$m^2 c + k^3 + n^2 (b - x) : n^2 b + k^3 = h : h - x$. Hieraus entsteht also eben so wie oben, folgende Gleichuug:

$$x^2 - \left\{\frac{m^2 c + k^3}{n^2} + b + h\right\} x = -\frac{m^2 ch}{n^2}.$$ Folglich für

$$x = \tfrac{1}{2}\left\{\frac{m^2 c + k^3}{n^2} + b + h\right\} - \sqrt{\left\{\tfrac{1}{4}\left\{\frac{m^2 c + k^3}{n^2} + b + h\right\}^2 - \frac{m^2 ch}{n^2}\right\}} \quad \ldots\ldots 1)$$

Ist

Ist $k^3 = 0$; so kommt diese Formel ganz mit der (459) überein. Der schädliche Raum liegt zwischen B und C, und ist mit Luft von natürlicher Dichtigkeit angefüllet; hingegen die Dichtigkeit der, in der Saugeröhre befindlichen Raum, $n^2 (b - x)$ der ausgebreiteten Luft $= h - x = h'$. Die Klappe B wird sich erst dann beim zweiten Zuge öfnen, wenn die im Raum B C befindlichen Luft anfängt, kleiner als $h'$ zu werden. Gesetzt, dies erfolgt, wenn der Kolben bis L gestiegen ist, so wird der Raum zwischen B und L $= \frac{h\ k^3}{h'}$ sein.

Demnach die Höhe des Wassers beim zweiten Kolbenzuge d. ist, bei X W $= y$, zu finden, so muß man folgende Proportion gebrauchen, um y zu finden.

$$m^2 c + k^3 + n^2 (b - y) : n^2 b + \frac{h}{h'}.$$

$$k^3 = h' : h' - y.$$

Hier ist eben so wie vorhin (463) $b = b - y$.

Also ergiebt sich daraus folgende Gleichung:

$$y^2 \left\{ \frac{m^2 c + k^3}{n^2} + b + h' \right\} y =$$

$$\frac{(h - h') k^3}{n^2} - \frac{m^2 c h'}{n^2},$$

welche sich eben so auflösen läßt, als die vorigen.

465.

Ist die Größe des schädlichen Raums, nebst den übrigen Ausmessungen der Pumpe gegeben, so läßt sich daraus die größte Höhe finden, worauf das Wasser in der Saugeröhre steigen kann.

Wäre es eine vollkommene Pumpe, so müßte die Pumpe das Wasser so hoch tragen, als es die Atmosphäre vermag, das heißt, etwa 32 Fuß. Dies geschieht aber nicht, sobald ein schädlicher Raum da ist. Es wird nur so hoch steigen, daß die eingeschlossene Luft zwischen der Kolbe in ihrem höchsten Stande und der Klappe des Stiefels einerlei wäre, mit der verdünnten Luft in der Saugeröhre. Beide stehen sodann im Gleichgewicht, und keine Luft kann mehr aus der Saugeröhre in den Stiefel gehen, mithin auch keine mehr durch den Kolben in die freie Luft treten.

In diesem Zustande ist also die Federkraft der innern Luft $= \frac{k^3}{m^2 c + k^3} h$. Ist z die größte Wasserhöhe, so muß $z + \frac{k^3}{m^2 c + k^3} h = h$ sein, folglich ist

$$z = h \left\{ 1 - \frac{k^3}{m^2 c + k^3} \right\} = \frac{m^2 c}{m^2 c + k^3} h.$$

Verhielte sich der schädliche Raum zu dem, worin der Kolben spielte, wie 12 : 13, so wäre $\frac{12}{13} \cdot 32$ Fuß

Fuß $= 29\frac{7}{13}$ Fuß. So hoch würde das Wasser steigen, und wenn die Saugeröhre nur diese Höhe hätte, so würde das Wasser auf keine Weise in den Stiefel treten können.

Aus der obigen Gleichung $\frac{m^2 c}{m^2 c + k^3} \cdot h = z$,

läßt sich auch der Werth für c und k finden.

## Die Bewegung der Saugepumpen.

### 466.

Um den Stempel bei einer Saugepumpe in die Höhe zu ziehen, muß man eine Kraft anwenden, die so groß ist, als eine Wassersäule, deren Grundfläche einerlei ist mit der Fläche des Stempels, zur Höhe aber die Höhe des Stempels bei seinem niedrigsten Stande über der Oberfläche des Wassers hat. Denn von oben herab drückt, eine 32 Fuß hohe Wassersäule, die einerlei Grundfläche mit dem Stempel hat, auf denselben, und von unten ist der Druck $=$ 32 Fuß weniger der Höhe des Stempels über dem Wasserstand. Also ist der Druck einerlei mit der so eben angeführten Regel. Dazu aber kommt noch das Gewicht des Wassers, das über den Stempel bis zur Ausgusröhre tritt, wenn die Pumpe wirklich beweget wird. Eine Pumpe, die das Wasser nicht gleich ausgießt, sobald es über den Kolben tritt, ist mehr

als eine Saugepumpe, denn sie muß das Gewicht des Wassers, das über den Kolben steht, durch eine neue hinzugelegte Kraft, in die Höhe ziehen. Von der Art sind die Pumpen im Bergbau. Dann muß man auch bei der Beurtheilung der Kraft, welche zur Bewegung einer Maschine angewandt werden soll, ja auf das Reiben Rücksicht nehmen; denn auch dafür gehört eine Zulage an Kraft. Das Theoretische, was bei solchen Aufgaben, in Rücksicht der Bewegung der Maschine, belangt, enthält folgende Frage in sich.

467.

Aufgabe. Der Durchmesser des Stempels einer Saugepumpe, betrage 6 Zoll hamb. Fuß Maaß, und der Kolben stehe bei seinem niedrigen Stande, 15 Fuß von der Oberfläche des Wassers ab. Ferner muß das Wasser durch einen Raum von 7 Fuß gehoben werden, ehe es in die Ausgußröhre kömmt. Wie groß ist die Kraft, mit welcher der Stempel, mit der Kolbenstange, gehoben werden müße?

Auflös. Da die Fläche des Kolbens von ihrer untern Höhe bis zur obern Höhe, 22 Fuß = 15 F. + 7 F. steht, so berechne man den Inhalt eines Wassers-Cylinders von dieser Höhe, und einen Durchmesser von 6 Zoll; multiplicire den körperlichen Raum mit dem Gewichte von einem Cubiczolle, oder Cubicfuße Wasser, so giebt das Produkt die gesuchte Kraft.

Der Flächen-Inhalt des Stempels für einen Durchmesser von 6 Zoll ist $= \frac{11}{14} \cdot 6^2 = 28,3$ □ Zoll, mithin der körperliche Inhalt $= 28,3$ □″. 22 Fuß $= 8037,2$ Cubiczoll. Nun wiege ein Cubicfuß, wie wir schon im vorhergehenden angegeben haben, 49 Pfund; folglich ist die Säule des Wassers, Cylinders schwer $= \frac{8037,2 \cdot 49 \text{ ℔}}{1728} = 229 \text{ ℔}$.

Es versteht sich aus den oben angegebenen Gründen, daß die Kraft muß etwas größer sein, als hier angegeben worden ist.

468.

Wir haben zwar der leichtern Methode wegen, bei unsern allgemeinen Rechnungen, den Durchmesser der Saugeröhre dem, des Stiefels, gleich gemacht, aber dies geschieht nur bei einigen Pumpen dieser Art, die gewissermaassen vollkommen gerathen sind; allein bei den mehrsten giebt man den Steigeröhren nur $\frac{2}{3}$ oder $\frac{3}{4}$ von dem Durchmesser der Stiefelröhre. Der Hub, das heißt, der Raum, durch welchen der Stempel sich von seinem niedern bis zu seinem höhern Stand bewegt, muß auch nicht gar zu groß sein, weil sonst nicht so viel Wasser über den Stempel treten kann, als es zufolge der Berechnung sollte. Denn das Wasser bewegt sich in der Saugeröhre, zu der im Stempel, wie die Quadrate der beiden Durchmesser. Verhielten sich diese wie 2 : 3;

so

so ist das Verhältniß der Geschwindigkeit, wie 4 : 9; oder das Wasser bewegt sich in der Saugeröhre 2¼ mal geschwinder als im Stiefel.

469.

Bei Pumpen, welche das Wasser sehr hoch heben sollen, wie dies der Fall in Bergwerken ist, ist der Theil des Stiefels, worin der Kolben auf- und niedergeht, vom Metall, der andere, oder der andere Aufsatz, vom Holze. Der Kolben kann nun auf verschiedene Art bewegt werden. Bei den ordinairen Pumpen geschieht die Bewegung durch einen Hebel; an dem kurzen Arm desselben befindet sich die Kolbenstange, an den langen greift aber die Stange an. Verhielten sich beide zu einander wie 6 : 1, so würde die Kraft nach diesem Verhältniße berechnet werden müssen; aber auch in eben diesem Verhältniße stünden, umgekehrt, die Räume. Beschriebe die Kraft einen Raum von 3 Fuß, so bewegte sich in eben der Zeit, der Kolben durch einen Raum von 6 Zoll. Also wird jedesmal, oder bei jedem Hub, ein Wasser-Cylinder von 6 Zoll hoch und 6 Zoll im Durchmesser gehoben werden. Je höher nun das Wasser gehoben werden soll, desto mehr Kraft wird dazu erfordert. Die Kolbenstange muß also durch eine andere mechanische Vorrichtung als durch Menschen und Thiere bewegt werden. Ist die bewegende Kraft entfernt von dem Orte, wo das Wasser gehoben werden soll, so bedient man sich dazu eines Feldgestänges, das

der Leser bald in folgenden soll aus einander gesetzt und beschrieben werden.

470.

Auf der 86sten Fig. der Tab. X. befindet sich eine kleine Zeichnung von der Vorrichtung, wodurch die Kolbenstange auf die bekannte und gewöhnliche Art gehoben wird. Es ist ein ordentlicher Winkel, der aus einem kurzen Arm G Q, und langen Arm Q P besteht, die sich beide um den Punkt Q drehen, der durch die Stütze D getragen wird. Diese ganze Vorrichtung heißt die Schwengelkunst, gegen welche sich nichts anders sagen läßt, als daß das äussere G, des Arms Q G, sich in einem Kreise herumdrehet, oder vielmehr fällt und steigt. Dies verursacht, daß die Kolbenstange beim Auf- und Niedersteigen nicht die verticale Lage behält, welches deswegen nöthig wäre, damit der Kolben nach keiner andern, als nach der verticalen Richtung auf- und abwärts getrieben würde. Jene cirkelförmige Bewegung verursacht das Gegentheil, und treibt gerade die Kolbenstange seitwärts ab, und verursacht dadurch ein nachtheiliges Klemmen. Wegen eben dieses Umstandes ist es nöthig, daß der Kolben bei H mit einem Ringe, die Kolbenstange G H aber, unten mit einem Hacken versehen werde, der in den Ring eingreife. Auf solche Art wird sich die Stange G H beim Auf- und Niederspielen von der Vertikallinie etwas ablenken können, ohne den Kolben zugleich mit auf die eine oder die andere Seite zu bringen. Der Verfas-

ser

ser erinnert sich dabei an eine Feuersprütze, bei welcher eben der Fehler mit der Kolbenstange begangen war, und der Bewegung der Sprütze große Hindernisse in Weg legte, die sich auch nicht eher heben liessen, bis eine Veränderung, etwa so, wie wir eben erwähnt haben, mit der Kolbenstange vorgenommen worden.

471.

Menschen, bei einem paar Saugewerke zu gebrauchen, läßt sich leicht anwenden, besonders wenn die Maschinerie darnach eingerichtet ist. Nach dem Urtheile der Kenner hält man eine Stangenkunst mit dem krummen Zapfen für die beste und bequemste Maschine in dieser Hinsicht. Diese Maschine ist von der Art, daß sie zwei Saugewerke in Bewegung setzt, davon das eine das Wasser gießt, das andere aber schöpft.

An der Axe der Kurbel A, (Fig. 87.) welche der Mensch drehen muß, befindet sich ein Trilling C, der in das Stirnrad D eingreift, und die Welle GH, dieses Stirnrades, ist bei M, K, I, N, auf eine solche Art gebogen, daß sie eine doppelte Kürbel L, M, K, I, N, O, abgiebt. An jeder dieser Kürbeln hängt eine von den beiden Kolbenstangen, E und F, der Saugewerke, welche wechselsweise das Wasser heben. An der Welle der Kürbel A, wird überdem ein Schwungrad B angebracht, um die Bewegung desto gleichförmiger zu machen.

472.

472.

Maschinen, die durch Kürbel herumgedrehet werden, haben während des Umdrehens zweimal einen Stillstand. Steht die Kürbel vertikal, so ist die Kraft der Kürbel = 0; dann nimmt sie wieder zu, und wird sie horizontal, so ist ihre Wirkung am größten, und dies geschieht eben so viel mal als sie in Ruhe kömmt. Daher ist der Gebrauch der Kürbel, oder des Krummzapfens, fast bei allen Maschinen eingeführt, wobei Stangen, vermittelst derselben widerstehende Lasten, hin- und hergeschoben werden sollen. Denn der Krummzapfen steht beidemal vertikal, wenn der Kolben in seiner höchsten und niedrigsten Stelle befindlich ist; und in diesem Augenblick hat der äußerste Punkt desselben, woran die Kolbenstange hängt, eine horizontale Bewegung, die vom Kolben nicht aufgehalten wird, weil sich die Kolbenstange auf die Seite legen kann. Die Maschine theilt demselben anfangs, unter diesen Umständen, eine sehr kleine Geschwindigkeit mit, daß also weder ihre Bewegung dadurch stark gehemmt wird, noch ihre Theile sonderliche Gewalt leiden.

473.

Die Maschine, welche Belidor in der Erklärung folgt, kommt mit derselben Figur überein, die wir schon (471) mitgetheilet haben. Der Bug der Kürbel A, sei 12 Zoll, der Bug der doppelten Kürbel L M N K I O aber 6 Zoll, der Halbmesser des

Stirn-

Stirnrades D, 6 Zoll, der Halbmesser des Trillings C, 2 Zoll, und der Halbmesser des Schwungrades B, 3 Fuß. Da der Halbmesser des Stirnrades D, dreimal größer, als der Halbmesser des Trillings C ist; so kommt nur ein Umlauf des Stirnrades, und folglich der doppelten Kürbel L M K N I O auf drei Umläufe der Kürbel A. Das übrige der Rechnung lese man in Herrn Karstens Lehrbuch der Hydraulik, XXI. Abschn. in Belidor Architect Hydraulik, a. B. 1. Th. §. 109. 110.

## Von den Kunsträdern und Feldgestängen.

### 474.

Wenn man mehrere Pumpenstangen auf einmal in Bewegung setzen will, so bedient man sich zu diesem Zwecke der Wasserräder oder Windmühlenflügel. Diese können mehr Kraft anwenden, als diejenigen, welche man durch einzelne Krummzapfen bewegen will. Diese Maschinen werden vorzüglich bei Salzwerken und Bergbau gebraucht, und sollen im 16ten Jahrhundert zuerst erfunden und glücklich angewendet worden sein.

Ueber 24 und 26 Fuß darf die Höhe des Wassers nicht gebracht werden, falls nicht Kraft genug an der Pumpe wirken kann. Ist dieses aber, so kann man die Höhe durch verschiedene Pumpen, wohl auf 200

Lach-

Lachter bringen. Jeder Pumpensatz treibt alsdann das Wasser bis auf 38 und 39 Ellen.

475.

Hat man das Wasser so nahe, so läßt sich das Kunstrad gleich über der Grube anlegen. Dieses Rad hat auf jeder Seite einen Krummzapfen, wie es die 88ste Figur bei C und D vorstellet. An der Warze eines jeden Krumzapfens hängt eine Kunststange, wie CE, und DF, welche so tief als nöthig ist, und bis zur niedrigsten Pumpe herabgehen muß. Diese Stangen werden aus gespaltenen dreispännigen Tannenholz gemacht, und aus mehreren Stücken, von 5 Lachter Länge, 6 Zoll Breite, und 3 bis 4 Zoll Dicke, zusammengesetzt. Liegt aber der Brunnen weit entfernt, so muß man eine andere Vorrichtung (ein Feldgestänge) anbringen, wodurch die Pumpenstange in einer Entfernung von einem Kunstrade bewegt werden können. Statt des Kunstrades hängt nun über der Grube das sogenannte Kreuz CHDG, welches um seinen Mittelpunkt beweglich ist, und aus zweien, nach rechten Winkeln in einander geschlossenen, und mit Strebe-Bändern versehenen starken Stücken Holz, besteht. Dasjenige Stück CD, woran zu beiden Seiten die Kunststangen in den Schacht herabhängen, heißt die Wage, das andere aber die Schwinge.

476.

Ferner hängt nun an beiden Enden dieser Schwinge, das ins Feld schiebende Kunstgestänge, das sich von dem

dem Kreuz bis an das Hauptrad a b erstreckt. Wenn dasselbe auf einen horizontalen Boden fortgeführt wird, so bildet das ganze Gestänge ein Parallelogramm GHLK, wovon die Kreutzschwinge GH, eine Seitenlinie abgiebt, da dann die ihr gegenüberstehende Seite KL, die große Schwinge heißt. Die übrigen beiden Seiten, HL und GK, sind die Kunststangen. Die große Schwinge KL, welche ebenfalls um ihren Mittelpunkt beweglich ist, hängt unten mit den Bleuel ST zusammen, welches ein starkes Stück beschlagnes Holz, ohngefähr 30 Fuß lang ist, und dieser Bleuel hängt bei S an der Warze des Krummzapfens am Kunstrade. Die Axe der beiden Schwingen liegt in ihren Bogen bei q und r, auf den Stegen st, vx, und die letztere auf den Böcken O, P und Q. So wie nun durch den Krummzapfen der Bleuel hin und wieder geschoben wird, theilt derselbe der großen Schwinge, und dieser vermittelst der großen Kunststange, die an beiden Schwingen beweglich hangen, dem Kreutz die Bewegung mit, welches alsdann das Schachtgestänge schiebt. Zwischen den ins Feld schiebenden Kunststangen, sind noch in Entfernungen von etwa 28 Fuß von einander, die kleinen Schwingen M M, N N, mit den großen Schwingen parallel angebracht, die eben so, wie die großen Schwingen, um eine in ihrer Axe beweglich, und mit den Kunststangen auf ähnliche Art, wie die großen Schwingen, verbunden sind.

Ausführlicher muß man die Beschreibung einer solchen Maschine aus Büchern kennen lernen, deren Hauptzweck es ist, umständlich alle Theile derselben genau aus einander zu setzen. Dahin gehören unter vielen andern

Calvör in seinem I. Th. II. Cap. 2 Abtheilung ꝛc.

Leupold im Theatro Mach. Hydraul. T. II. Cap. V.

Karstens Hydraulik, XXII. Abschnitt.

477.

Vorhergehende Zeichnung dient zur allgemeinen Erklärung; folgende zur besondern, oder zu einer solchen, über welche wir eine leichte Rechnung machen wollen. Die Maschine, oder das Wasserrad, soll zwei Pumpen treiben, wovon die eine Stange hinauf, die andere herunter geht. Das Wasserrad A (Fig. 89. Tab. XI) sei ein unterschlächtiges, und das Wasser habe eine Fallhöhe von 3 Fuß, so ist bekanntlich die Geschwindigkeit desselben $= \sqrt{3.62,5} = \sqrt{187,5} = 13,6$ Fuß in einer Secunde; nimmt man davon den dritten Theil, so hat man die vortheilhafteste Geschwindigkeit der Schaufeln des Wasserrades. Diese ist also $= 4,5$ Fuß, und zugleich die Geschwindigkeit der Kraft. Um die Kraft des anschlagenden Wassers zu bestimmen, so nehme man an, die Länge der Schaufeln des Wasserrades sei $= 4$ Fuß, und die Höhe derselben $=$ 1 Fuß, so ist

der

der Flächeninhalt der Schaufel = 4 Quadr. Fuß. Multiplicirt man nun die Fallhöhe mit dem Quadrate von $\frac{2}{3}$, so erhält man $\frac{4}{9} \cdot 3 = 1\frac{1}{3}$ Fuß = der Höhe eines Prisma, dessen Grundfläche 4 Quadrat Fuß beträgt. Der körperliche Inhalt dieses Prisma ist also $1\frac{1}{3}$ Fuß. 4 F. = $5\frac{1}{3}$ Cub. Fuß; und so viel Wasser drückt gegen die Schaufel des Rades. Rechnen wir den Cub. Fuß zu 49 Pfund, so ist die Wirkung des Wassers auf das Rad = $261\frac{1}{3}$ Pfund.

478.

Nun nehme man ferner an, daß das Wasserrad in 18 Sec. einmal herum komme, so muß die Kurbel von eben der Geschwindigkeit sein. Die Umlaufszeit der Kurbel ist aber einerlei mit der Zeit des Kolbenspiels, und dieses ist nochmal so groß, als die Zeit eines Kolbenzugs oder Drucks, also kommt der Kurbel-Umlauf mit zwei Kolbenzüge überein.

Es sei die Kurbel 18 Zoll lang, so ist der Durchmesser 36 Zoll = 3 Fuß. Da die Zeit des Kolbenzuges 9 Sec. ist, so ergiebt sich die Geschwindigkeit des Widerstandes = $\frac{3 \text{ Fuß}}{9 \text{ Sec.}} = \frac{1}{3}$ Fuß in einer Secunde.

Multiplicirt man also die Kraft mit der Geschwindigkeit derselben, und theilt das Produkt durch die Geschwindigkeit der Last, so giebt der Quotient den Widerstand. Demnach ist dessen =

$$\frac{261\frac{1}{3} \cdot 4,5}{\frac{1}{3}} = 3528 \text{ Pfund.}$$

Diese

Diese Masse Wasser hält, wenn man mit 49 Pf. dividirt, 72 Cubicfuß.

479.

Jetzt nehme man an, daß das Wasser 40 Fuß von der Oberfläche desselben bis zu der Ausgusröhre gehoben werden solle, so ist die Fläche des Kolbens, wenn man im vorigen §. gefundenen Zahl, den Widerstand betreffend, in 40 Fuß dividirend, so giebt der Quotienten die Fläche des Kolbens, welche $= 72/40 =$ 1, 8 F ist. Hieraus ergiebt sich der Durchmesser (nach dem bekannten Verhältniße von 157 : 200) $= 1\frac{1}{2}$ Fuß.

Dieses ist für ein Durchmesser zu groß, und man thut daher besser, ein paar Pumpen mehr zu wählen. Zu dem Ende berechne man aus der Kreisfläche 1, 8 Q. Fuß, den Diameter des Kreises, 2, 29 Fuß, also die Hälfte = 1, 14, und hieraus die Quadratwurzel, giebt 1 Fuß zum Durchmesser. Bei jedem Umlaufe des Wasserrades wird eine Masse Wasser von 6 Fuß hoch, und 1, 8 Fuß zur Fläche, gehoben, das ist: 10, 8 Cub. Fuß in 18 Secunden, also in einer Secunde = 2160 Cub. Fuß.

Die Größe des Wasserrades ergiebt sich, wenn man die Geschwindigkeit desselben, 4, 5 Fuß, mit 18 Secunden multiplicirt. Dies giebt für den Umfang, von der Mitte der Schaufel angerechnet = 81 Fuß, demnach der Durchmesser = 25, 7 Fuß, oder für den ganzen = 26, 7 F. Letztere ist die eigentliche Höhe des Wasserrades.

480.

480.

## Die Druckpumpe.

A B (Fig. 90.), sei der Durchschnitt von einem Stiefel einer Druckpumpe, in welchen sich der ganze dichte Stempel oder Kolben C, auf- und nieder bewegt. Unten im Stiefel liegt das Ventil D, welches sich öffnet, wenn der Kolben in die Höhe gezogen wird; mithin steigt alsdann das Wasser, vermittelst der Saugeröhre G, in den Stiefel. Die weite Röhre A B, ist mit einer zum theil horizontalliegenden Seitenröhre verbunden, die in E mit einem Ventil versehen ist. In E vereinigt sich mit dieser Röhre, die Saugeröhre E F, durch die Verbindung der Kropfröhre. Geht der Kolben in dem Stiefel A B, wieder herunter, so schließt sich die Klappe D; und da der Kolben völlig dicht ist, so kann das Wasser nicht über denselben steigen, sondern muß seitwärts in die Steigeröhre F C gehen. Sobald es in derselben bis E steht, so wird es das Ventil öffnen, und bei jedem Hub immer höher steigen.

481.

Würde der Durchmesser des Stiefels, mit dem der Steigeröhre, von gleicher Größe sein, so müßte in der Steigeröhre, das Wasser jedesmal eben so hoch steigen, als zu der es, in dem Stiefel gelangt. Aber dies verlangt man nicht von einem Druckwerke, sondern man will, es soll sich geschwinder bewegen, das heißt, zu einer größern Höhe steigen. Zu dem

Ende

Ende macht man den Durchmesser der Steigeröhre beträchtlich kleiner. Gesetzt der Durchmesser des Stiefels wäre 6 Zoll, und der, der Saugeröhre 2 Zoll, so würde das Wasser in der letztern 9 mal höher steigen als im Stiefel. Füllte sich der letztere bei jedem Hub, auf 1 Fuß an, so stieg das Wasser in der Steigeröhre auf 9 Fuß u. s. w. an. In beiden Räumen ist gleich viel Wasser, folglich der Druck in beiden gleich groß.

482.

In einer Druckpumpe muß die bewegende Kraft etwas größer sein, als das Gewicht eines Wassercylinders, dessen Grundfläche einerlei ist mit der Fläche des Kolbens, und zur Höhe, die Höhe des Wassers hat, zu welcher es durch die Druckpumpe gelangen soll.

Es sei z. B. der Durchmesser des Kolbens = 8 Zoll, und die Höhe der Steigeröhre 30 Fuß, so ist die Fläche des Kolbens = $\frac{11}{14}$ . 64 = 50, 3 □ Zoll, folglich der körperl. Inhalt des Cylinders = 50, 3 . 30 F. = 18108 Cub. Zoll = 10, 47 Cub. Fuß. Multiplicirt man diesen Raum mit 49 Pfund, als dem Gewichte eines Cub. Fußes Wasser, so erhält man 513 Pfund für die Kraft an den Kolben, wenn diese mit dem Widerstande im Gleichgewichte ist. Ist das Druckwerk zur Wasserkunst bestimmt, so erhält die Steigeröhre eine beträchtliche Höhe, und schüttet oben das Wasser in einen Behälter aus,

aus

aus welchem es durch andere Röhren, (Abfallsröhren) nach niedrig liegenden Gegenden, vermittelst Brunnenröhren, hingeleitet wird. Weiß man einmal die Kraft, welche das Wasser für einen gegebenen Durchmesser und Höhe anwendet, so läßt sich, wenn die Kraft gegeben ist, die Größe des Stiefels von jedem andern Druckwerke finden, denn diese verhalten sich wie die Quadratwurzeln mit den Stiefeln.

Anmerkung. Gesetzt die Kraft, welche man bei einem Druckwerke, das den Wasserstrahl 30 Fuß hoch bringen soll, sei 300 ℔; bei unserm Beispiele war die Kraft 513 Pfund, und der Durchmesser war 8 Zoll; so ergiebt sich der gesuchte Durchmesser aus folgender Proportion:

$$513\ ℔ : 300\ ℔ = 8^2 : 37,42^2.$$

Die Wurzel ist 6, 11 Zoll, und so groß müßte der Durchmesser des Kolbens sein, der durch 300 ℔ Kraft, den Wasserstrahl auf 30 Fuß hoch bringen wollte.

Bei dieser Kraft und bei dem gefundenen Durchmesser, läßt sich auf folgende Art leicht berechnen, wie hoch der Kolben bei jedem Hube steigen muß, wenn er eine bestimmte Wassermenge heben soll.

Gesetzt es soll alle Minute eine Menge Wasser von 400 ℔ hinaufgeschafft werden, so berechne man den Inhalt eines Cylinders von 400 ℔, dessen Durchmesser, 6, 11 Zoll beträgt, oder noch leichter: so nehme man an, daß der Kolben in einer Minute soll 20 mal in die Höhe gehen, so hebt er jedesmal 20 ℔ Wasser;

Wasser; oder $\frac{20}{49}$ Cub. Fuß, d. i. ein Cylinder 705 Cub. Zoll. Theilt man diesen Raum mit dem Flächen-Inhalt der Grundfläche, so ergiebt sich die Höhe, um welche der Kolben jede Minute steigen muß, wenn man den Inhalt des Cylinders mit der Grundfläche theilet. Der Cirkel von 6, 11 Zoll hat zum Inhalt 29, 2 □ Zoll. Diese Zahl wird in 705 Cub. Zoll getheilt, so erhält man zum Quottenten 24 Zoll. Dies ist die Höhe, auf welche der Kolben bei jedem Hub steigen muß.

Belidor giebt folgende Tabelle an, welche die Dicke des Metalls in Kupfer oder Messing, der Röhren von verschiedener Höhe, enthält.

Die Diameter der Röhren in franz. Zölle.

| 2. | 4. | 6. | 8. | 10. | 12 |
|---|---|---|---|---|---|

Länge der Röhren in Fuß.

Die Stärke oder Dicke der Röhren in Linien und Punkten.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 10 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{2}{3}$ | —; 1 | —; 1 | —; 2 | —; 2 (8 |
| 20 | —; 1 | —; 1 | —; 2 | —; 3 | —; 3 | —; 4 (8 |
| 30 | —; 1 | —; 2 | —; 3 | —; 4 | —; 5 | 1, 0 |
| 40 | —; 1 | —; 3 | —; 4 | —; 5 | 1, 1 | 1, 2 |
| 50 | —; 2 | —; 3 | —, 5 | 1, 1 | 1, 2 | 1, 4 |
| 60 | —; 2 | —; 4 | 1, 0 | 1, 2 | 1, 4 | 2, 0 |
| 70 | —; 2 | —; 5 | 1, 1 | 1, 3 | 2, 0 | 2, 2 |
| 80 | —; 3 | —; 5 | 1, 2 | 1, 5 | 2, 1 | 2, 4 |
| 90 | —; 3 | 1, 0 | 1, 3 | 2, 0 | 2, 3 | 3, 0 |
| 100 | —; 3 | 1, 0 | 1, 4 | 2, 1 | 2, 5 | 3, 2 |
| 110 | —; 4 | 1, 1 | 1, 5 | 2, 3 | 3, 0 | 3, 4 |
| 120 | —; 4 | 1, 2 | 2, 0 | 2, 4 | 3, 2 | 4, 0 |
| 130 | —; 4 | 1, 3 | 2, 1 | 2, 5 | 3, 4 | 4, 2 |
| 140 | —; 5 | 1, 3 | 2, 2 | 3, 1 | 4, 0 | 4, 4 |
| 150 | —; 5 | 1, 4 | 2, 3 | 3, 2 | 4, 1 | 5, 0 |

483.

Soll das Wasser aber aus einer Saugeröhre, mittelst einer Druckpumpe, frei in die Höhe springen, so muß die Kraft an den Kolben beträchtlich größer sein. Man findet die Höhe des Wassercylinders, wenn man zu der gegebenen Höhe den 300sten Theil von dem Quadrate dieser Höhe addiret, wie schon in der Hydrostatik (S. 128. §. 165) von uns gezeigt worden ist.

Gesetzt der Wasserstrahl soll durch eine Druckpumpe, auf 70 Fuß in freier Luft springen, so muß die Höhe des Cylinders, welcher auf den Kolben druckt, eine Höhe haben, von $70 + \frac{70^2}{300} =$ $70 + 16\frac{1}{3} = 86\frac{1}{3}$ Fuß. Nun sei der Durchmesser des Kolbens = 1 Fuß, so ist die Grundfläche $= \frac{11}{14} \cdot 1 = \frac{11}{14}$ □ Fuß, und der körperl. Inhalt $= \frac{11}{14}$ Quadr. Fuß. $86\frac{1}{3} = \frac{2849}{42}$ Cub. F. $= 67\frac{5}{6}$ Cub. Fuß, und das Gewicht desselben $= 67\frac{5}{6} \cdot 49$ ℔ $= 3324$ Pfund. Diese Kraft hervorzubringen, könnte man eine ähnliche Vorrichtung dazu wählen, als wir bei der Saugepumpe oben angegeben haben.

484.

Wenn man mittelst eines Druckwerks, wie das der Fall bei einer Wasserkunst ist, das Wasser zu einer beträchtlichen Höhe, in ein Bassin leitet, und aus diesem wieder durch eine Fallröhre herunter treibt, wo es aus einer Röhre, oder aus einem Springbrunnen, mit einem Strahl hervorspringen soll, und es wäre die Höhe und der Durchmesser der Oefnung der Springröhre gegeben: so fragt es sich, mit welcher Geschwindigkeit das Wasser aus der Röhre hervorspringe, und wie vielen Zufluß am Wasser, der Wasserbehälter alle Stunde haben müsse?

Gesetzt der Wasserbehälter liegt 70 Fuß höher, als die Oefnung des Springbrunnens, so hat der Wasserstrahl eine Geschwindigkeit von $2\sqrt{15}$, $1 . 70 = 66, 14$ Fuß in einer Secunde.

Nun sei der Durchmesser der Röhre $= \frac{3}{4}$ Zoll, so ist die Fläche $= \frac{11}{14} . \frac{9}{16} = \frac{99}{224}$ □ Zoll, und

der körperl. Inhalt $= \frac{99}{224} . 66, 14 = 350, 78$ Cub. Zoll. Dies macht für eine Stunde $= 350, 78 . 3600 = 1262808, 00$ Cub. Zoll $= 730, 79$ Cub. Fuß.

So viel Wasser müßte also dem Behälter durch das Druckwerk in einer Stunde zugeführet werden, wenn der Abfluß nicht geringer werden sollte.

485.

485.

Sind zwei Druckpumpe, wie A und B, (Fig. 91 Tab. XI.) mit einander verbunden, und zwar so, daß zwei Seitenröhren (Gurgeln) von den beiden Stiefeln in G zusammenkommen, so entsteht die schon lange bekannte Feuersprütze. Die beiden Gurgeln endigen sich in der gemeinschaftlichen Steigeröhre G H. In H ist das Rohr, oder auch ein Schlauch, an dessen Ende sich das Rohr befindet, angebracht, durch welches das Wasser mit einer Gewalt, die der Kraft, welche an den beiden Kolben wirkt, proportional ist, hervorspritzt. Die Kolben werden durch einen Hebel auf- und nieder bewegt. Beide Stiefel sind mit einem Ventil E und F versehen; zwei ähnliche sind auch in den Gurgeln in b und a angebracht. Wenn der Kolben C herunter geht, so ist das Ventil E und b zu, indem dieses aber geschieht, so geht der Kolben D in die Höhe, und beide Ventile in dem Stiefel B, sind offen. Hier dringt also das Wasser in den Stiefel B ein, und dort geht es, mittelst der Klappe b, die von dem andringenden Wasser aufgestoßen wird, in die Steigeröhre, und von da entweder grade zu in das Rohr, oder erst durch den in H angebrachten Schlauch, in dasselbe. Die letztere Einrichtung hat im Gebrauche, Vorzüge vor der erstern, weil man das Rohr, durch einen Arbeiter nach jeder Richtung hinführen kann, welches bei der ersten Art nicht angeht. Feuersprützen, die so eingerichtet sind, daß sie keinen Schlauch haben, heißen Giebelsprützen.

486.

Ist eine Druckpumpe A (Fig. 92), vermittelst einer horizontalen Gurgel, mit einem oben verschlossenen Cylinder B, durch dessen Decke aber eine Röhre L I geht, verbunden, so steigt das Wasser, indem der Kolben C heruntergeht, durch die Gurgel D, in den Cylinder, und drückt die Luft, welche in dem Cylinder B enthalten ist, zusammen. Sobald der Kolben C aber wieder in die Höhe gezogen wird, dehnt sich die eingeschlossene Luft in dem Cylinder B aus, und treibt das Wasser in die enge Röhre L I hinein, aus welcher es, mit einer beträchtlichen Gewalt herausspringt. Je höher das Wasser in dem Cylinder B steigt, desto stärker wird die Luft zusammengedruckt, und desto größer ist die Kraft, mit der sie das Wasser in die enge Röhre hineintreibt. In dieser Röhre ist freilich auch etwas Luft, aber bei weitem nicht genug, um den Druck der Luft in dem Cylinder zu widerstehen. Ehe das Wasser in den Cylinder kömmt, ist der Druck der eingeschlossenen Luft einerlei mit dem der äußern Luft. Bezeichnete die Linie K H den halben Raum des Cylinders, so wäre die Luft nun in dem halben Raum eingepreßt, und ihre Elasticität oder Federkraft wäre noch mal so groß, als vorhin. Hiernach läßt sich etwa der Druck bestimmen.

487.

Bringt man bei einem Druckwerke einen solchen mit einem Deckel verschlossenen Cylinder an, so erhält man die verbesserte Einrichtung unserer Feuerspritzen.

A und B, (Fig. 93) sind die beiden Stiefeln mit den dichten Kolben C und D, die durch den Hebel H I, auf und nieder bewegt werden. Vermittelst der beiden Gurgeln L und M, stehen sie mit dem Cylinder F, der bei der Feuerspritze den Namen Windkessel führet, in Verbindung. Die beiden Stiefeln sowohl als die beiden Gurgeln, sind mit den Ventilen d, a, e und b versehen. Indem der Kolben C hergeht, geht der andere Kolben in die Höhe. In diesem Zustande preßt jener das Wasser in den Windkessel hinein, und dieser bringt Wasser in den Stiefel; und so umgekehrt. — Die Luft wird also in dem Windkessel zusammengedrückt, und dehnt sich auch gleich wieder darauf aus, nöthiget dadurch das Wasser in die Oefnung E hineinzugehen. An E ist ein sehr langer Schlauch, oder Schlange angeschroben, an dessen Ende das Brandrohr befindlich ist, und von einer Person nach Gefallen geleitet werden kann. Der Strahl fährt mit einer großen Gewalt aus der Oefnung dieses Rohrs heraus, und zwar ununterbrochen fort, weil die Federkraft der Luft wieder das ersetzt, was verlohren geht, wenn auch der Druck für einen kleinen Zeitraum aufhört.

Damit diese Sprütze keinen Mangel an Wasser habe, führt man ihr dasselbe durch eine andere Sprütze, den Zubringer, der aus einer Sauge- und Druckpumpe besteht, beständig zu.

488.

Weiter können wir uns in eine detaillirte Beschreibung der Druckpumpen und der Feuersprützen nicht einlassen, weil sie Kenntnisse voraus setzen, die über unsern Zweck gehen. Wir können nichts anders thun, als Bücher unsern Lesern empfehlen, aus denen sie das hier mangelhafte, reichlich ersetzen können.

Dahin gehört besonders die Preißschrift des verstorbenen Herrn Hofr. Karstens, oder Abhandlnng über die vortheilhafteste Anordnung der Feuersprützen, welche den von der Königl. Dänischen Societät der Wissenschaften in Copenhagen auf das Jahr 1771 ausgesetzt gewesenen ersten Preis erhalten hat. Greifswald 1773.

Ebenfalls dessen Lehrbegrif der gesammten Mathematik, 5r Theil. Die Hydraulik. Greifswald 1770.

Belidors Archit. Hydraulic. Leupolds und noch viele andere Schriften mehr.

489.

Die Geschichte dee Feuersprützen fängt erst in neuern Zeiten an, wiewohl man die Erfindung der Druckwerke, dem Ctesibius zuschreibt. Dieser soll ein paar hundert Jahren vor unserer Zeitrechnung zu Alexandrien gelebt haben. Was Deutschland betrift, so hält man dafür, daß die Feuer-Ordnung früher eingeführt worden ist, als die Werkzeuge selbst. Die älteste Verordnung ist die, für die Stadt Frankfurt am Mayn, vom Jahre 1460. Herr von Stet-

ten

ten sagt, daß die Feuersprützen 1518 in Augsburg zuerst erwähnt worden. Paris scheint im Jahre 1699 erst Feuersprützen erhalten zu haben. Allein die Holländer hatten schon frühe die gewöhnlichen Stoßsprützen verbessert. Sie hatten einen Windkessel angebracht, wodurch der Wasserstrahl ununterbrochen fortgeworfen ging. Einige glauben, diese Sprütze sei um das Jahr 1671 in Amsterdam erfunden. Herr Hofr. Beckmann sagt, er kenne keine frühere, als deren Perrault beschrieben und abgebildet hat. Das Buch ist 1684 gedruckt. Der Windkessel ist eigentlich nichts weiter, als eine Anwendung des Heronsbrunnen. In der Folge hat Mariotto diese Sätze genau untersucht. Die Hamburger haben ohnstreitig Sprützen mit Windkesseln schon am Ende des siebenzehnten Jahrhunderts besessen. Sie standen mit den Holländern in einer zu genauen Verbindung, als daß sie eine so neue, auffallende Sache, nicht sollten übergetragen oder nachgearbeitet haben.

490.

Noch eine wichtige Erfindung verdanken wir den Holländern, das ist, die Schlangen, welche in beliebiger Gestalt, lang oder kurz, an den Sprützen angebracht werden können. Die Schlangen werden mit dem Wasserkasten der Sprütze verbunden, das heißt, fest geschroben, und nun so weit als man will, auf der Straße fortgeleitet. Am Ende der Schlange befindet sich das Brandrohr, wodurch der Rohrleiter den Wasserstrahl nach Gefallen hinführen kann, wo er hin will.

Der

Der Erfinder derselben, hieß Jan van der Heide, und war Aufseher der Löschungsanstalt zu Amsterdam. Im Jahre 1672 wurden die ersten öffentlichen Versuche mit diesen Sprützen angestellt.

491.

Zu gleicher Zeit, und von eben der Nation, sollen auch die Zubringer erfunden worden sein. Hirunter versteht man eine Sprütze, die an der einen Seite eine Saugepumpe, an der andern eine Druckpumpe hat, wie wir schon oben erwähnt haben. Jene saugt das Wasser aus einem Strom, Brunnen, oder andern Behälter an, nemlich durch einen steifen Schlauch, dessen Ende mit einem metallnen Siebe, um Unreinlichkeiten abzuhalten, zugemacht ist, und durch eine Scheibe von Kork über dem Schlamm erhalten wird. Die Druckpumpe, pumpt das Wasser zur Sprütze hin, ohne auf den Weg zu sehen, und diese Druckpumpe kann während der Zeit beständig Wasser auf das Feuer schütten. Anfangs war dieses Saugwerk sehr einfach, und die van der Heide führten zuerst eine Saugepumpe ein, die eben das war, was jetzt unserer Zubringer ist. Wahrscheinlich haben die Holländer um eben die Zeit, die Schläuche von Segeltuche erfunden. Gegenwärtig sind die mehrsten Schläuche ohne Nath (doch die Hamburger nicht) verfertiget. Auch die ledernen Schläuche werden mit einer Schmiere eingeschmiert, die nicht nur das Leder weich und geschmeidig erhält, sondern sie besitzt auch zugleich

die

die Eigenschaft, wider den Fraß der Thiere zu sichern. Bekanntlich haben wir an den Städten und Oertern, die an und in dem Wasser liegen, eigne Wasserspritzen, die für diese Lage, wenn Feuer ausbricht, von großen Nutzen sind.

Diese Sprützen halte ich für eine holländische Erdung, und wahrscheinlich ist diese Erfindung nicht viel älter als 100 Jahre. In Hamburg sind sie bald nachgemacht worden. Die Feuer-Anstalten in England sind noch gegenwärtig in Ansehung der Güte des Mechanismus mit den unsrigen nicht zu vergleichen. Vor 20 Jahren hatten die Engländer fast keine andere als Stoßsprützen, an Sprützen mit einem Windbalge versehen, war gar nicht zu gedenken. Erst vor einigen Jahren sind diese in London eingeführt worden.

Ueber die Geschichte der Feuersprützen, lese man besonders, Herrn Hofr. Beckmanns Beiträge zur Geschichte der Erfindungen. Vierten Bandes drittes Stück, Leipzig 1797.

492.

In den vorhergehenden Maschinen wirkte bei der Bewegung des Wassers, die Kraft nicht mechanisch, sondern größtentheils gieng diese mit Hülfe der Luft vor. Allein es giebt auch verschiedene hydraulische Maschinen, wobei die Luft wenig oder fast gar nichts thut, sondern der Mechanismus der Maschine alles selbst leisten muß. Hiervon giebt es aber zwei Arten. Einmal welche, die das Wasser von einem niedern zu

einem

einem höhern Orte, oder umgekehrt, leiten; andere, die das Wasser hinauf heben, oder von einem niedern Ort auf einen höhern heben oder tragen. Wasser kann man durch Röhren von einem Berge herunter, und wenn sie mit einer andern Röhre verbunden sind, die längs der Lehne eines andern Berges liegt, das Wasser auch auf diese Höhe bringen. Man kann also das Wasser auf diese Weise von einer hohen Stelle, durch ein Thal, auf eine andere führen. Die Alten thaten das aber nicht, sondern sie führten die Röhren übers Thal weg, und unterstützten die Leitung mit Bogengängen. Dies nannte man eine Wasserleitung oder Aquaduct. Die Röhren leiden unter den erstern Umständen einen gar zu großen Seitendruck, und können der Gewalt des Wassers nicht widerstehen, ohne zu zerbrechen. Man mußte also auf andere Mittel denken, wenn man das Wasser wollte von einem Orte nach dem andern leiten. Und so entstanden unsere Canäle und Wasserleitungen, welche die Absicht haben, Flüsse, Meere, Seen u. s. w. mit einander zu verbinden.

493.

Damit das Wasser in hinlänglicher Menge in einen Fluß oder Graben hineinströme, müßte man es in seiner Gewalt haben, es zurück zu halten, oder frisches nachkommen zu lassen. Diese Gewalt übt man durch Schleusen aus, die in den Canälen, distanzweise angelegt werden. Die Römer machten auch, wie in den Niederlanden, mit dem Rhein und der

Maas,

Maas, der Yssel und der Zuydersee geschehen ist, Wasserleitungen, aber sie hatten keinen hohen Fall, sondern liefen oder fielen nur mit einer kleinen Fallröhr, in den Fluß oder in die See. Wegen des flachen Landes von Holland, gieng das auch nicht an. Allein unsere jetzigen Canäle sind ganz anders beschaffen, und müssen auch besonders bei ihrem Baue, behandelt werden. Sie erfordern einen eignen Mann, der viele Kenntnisse und Erfahrungen besitzen muß.

494.

Flüsse schiffbar zu machen, bedient man sich einfacher Schleusen, welche das Wasser in dem Fluße (versteht sich zwischen zwei Schleusen) auf eine gewisse Höhe erhält, wodurch die Schiffe von einer Schleuse bis zur andern, bequem fahren können. Wären beide Thüren verschlossen, so müßte hier das Wasser bis zu einer gewissen Höhe stehen bleiben. Aber nun läßt man es von dem höhern Theil des Canals nach dem untern Theil desselben, herunterfließen. Die Thüren der Schleusen müssen nun geöfnet werden. Dies geschieht aber nicht so, daß die ganze Thür sich auf einmal öfnet. Man bringt in diesen Thüren Wasserschützen an, welche vorher geöfnet werden; und eben hierdurch lassen sich alsdann die Thüren so viel leichter öfnen. Die Schiffe gehen hierauf mit dem Strome vorwärts, diejenigen, die aber zurückgehen, haben auch gegen den Strom viel zu thun. Die Schleusen dieser Art nennt man bei uns Stauschleusen. Die Lübecker, Hamburger, Lüneburger

haben,

haben, nach Büsch, am Ende des 14ten Jahrhunderts, von diesen Schleusen schon Gebrauch gemacht, und zwar zur Beförderung der Schiffahrt auf der Stecknitz und der Alster. An diesen Flüssen unterhalten auch noch jetzt diese Städte, die Schleusen. Auf diese Weise steht die Ostsee mit der Nordsee durch die Elbe in Verbindung. Die Stecknitz wird in den Lauenburgischen Canal, die Delvenau, geleitet. Die Fahrt geht nur zu langsam auf einem solchen Canal, als daß sie zum Transport aller Handelswaaren dienen kann. Das Wasser zwischen zwei Schleusen muß doch wenigstens 5 bis 6 Fuß hoch steigen, um die Schiffe bequem fortzubringen.

495.

Am Ende des sechszehnten Jahrhunderts erfand Stevin, ein berühmter holländischer Mathematiker, die Kasten-, Fang-, oder Zapfschleusen. Sie besteht aus einem Kasten, oder langen, oben offenen Kanal, der mit zwei paar Thüren versehen ist, wovon zwei sich öfnen, und zwei jedesmal geschlossen sein müßen. Das Wasser steht entweder in der Schleuse höher oder niedriger, als es vor oder hinter der Schleuse steht. Entweder sind in den Thüren Oefnungen, die aufgezogen werden, und wodurch das Wasser heraus, oder hineinfliessen kann, oder die Thüren sind ganz dicht, und in einer der Seitenmauer der Schleuse befindet sich eine kleine Röhre, der mit dem Canal in Verbindung steht. Dieser kleine Canal, welcher innerhalb der Schleuse sich öfnet, ist hier mit einem Schoß versehen, das durch einen Hebel aufgezogen

wird

wird. Hierdurch wird die Schleuse gefüllet, oder auch abgelassen. Die beiden andern Thüren sind zu, und nun läuft das Wasser oben vom Canal durch die Verbindungsröhre in die Schleuse, und füllt dieselbe eben so hoch an als es vor dem Canal steht. Jetzt ist der Druck des Wassers auf beiden Seiten der Vorderthüren sich gleich, und beide lassen sich nun leicht durch Erdwinden öffnen. Alsdann tritt das Schiff in den Kanal ein. Hierauf werden beide Vorderthüren wieder geschlossen, und man fängt an, den Schoß für die beiden Hinterthüren der Schleuse aufzuziehen, so läuft das Wasser aus dem Kasten wieder in den untern Canal, bis es in der Schleuse, und in diesem auf gleicher Höhe steht. Nun lassen sich die beiden hintern Thüren leicht öffnen, und das Schiff geht aus der Schleuse in den Kanal hinein. Der Kasten muß sich also, bei jedesmaligen Durchgange eines Schiffes, mit Wasser anfüllen und wieder leer machen. So wie aber das Schiff in den Kasten tritt, treibt es so viel Wasser aus der Stelle als es Raum einnimmt, mithin muß dieses Wasser, das nicht aus dem Kasten herauskommen kann, in die Höhe steigen, und grade so viel von dem Wasserraum abgehen, als das Schiff im Kasten einnimmt.

496.

Diese Kastenschleusen befinden sich nun alle in unsern großen Canälen, womit wir Meere und Flüsse mit einander in Verbindung setzen.

Wir

Wir haben nur einen einzigen, den schleswig-hollsteinischen Canal, der zwei Meere mit einander verbindet, nemlich die Nord- mit der Ostsee. Hier gehen die Schiffe, ohne die Güter umzuladen, grade durch, welches nicht der Fall ist bei den Schottländischen Canal in der Gegend von Glasgow. Schon unter Ludwig den 14ten, kam am Ende des 17ten Jahrhunderts der Canal von Languedoc glücklich zu Stande. Er hatte den Zweck, den Ocean mit dem Mitelmeer zu verbinden, welches auch glücklich ausgeführt wurde, ohne daß ein Schiff aus dem einen Meere, das andere berührte. Schiffe und Güter wurden unterwegens verwechselt und umgeladen. Paul Riquet de Bonrepos ist der Anleger dieses Canals. Die Länge desselben beträgt 54 Französische Meilen. Der Theilungspunkt (point de partage), dieses Kanal ist merkwürdig. Hier ließ der Erbauer (Riquet) einen zweiten Sammelplatz anlegen, nemlich ein achteckigtes Bassin von 544 Fuß im Umkreis, und 8 Fuß tief.

Durch eine westwärts angebrachte Schleuse fließt das Wasser der Garonne, und östlich dem mittelländischen Meere zu. Jener Theil hat einen Fall von 31 Klafter, 3 Fuß, 9 Zoll, der auf 17 Schleusen vertheilt ist, und fällt in die Garonne etwas oberhalb Toulouse. Dieser hat in einer viel grössern Länge 101 Klafter, 3 Fuß 6 Zoll Fall, welcher auf 45 Schleusen vertheilt ist, deren jedoch einige zwischen

Bei

Beziers und dem Etang de Thau ihr Wasser von dem Fluße Orb bekommen.

Die merkwürdige Stelle dieses Kanals, wo man durch Felsen sich durchgearbeitet, die aber nicht gehalten, sondern durch hartes Gestein ist unterwölbt worden, führt, wegen eines berüchtigten Wirthshauses, den Namen Malpas.

497.

Kein Land in Europa hat mehrere Kanäle als England. Diese sind erst seit 1759 entstanden, und sind mit weit mehrerer Schwierigkeit in der Ausführung verbunden gewesen, als der obige französische Kanal, und doch haben die Engländer alles glücklich überwunden. Die vier großen Städte, London, Bristoll, Leeverpool und Hull, stehen alle mit Kanälen in Verbindung. Der Schottländische Kanal, der beide Meere in Verbiudung bringt, ist zwar nicht so gut gerathen, als der Holsteinische, aber verbreitet doch ungemein vielen Nutzen. Ueber die englischen Kanäle lese man vorzüglich

Hogreve Beschreibung der in England angelegten Kanäle — nebst Geschichte aller bekannten Kanäle. Hannover 1780. Ebenfalls lese man

Philipps Geschichte der inländischen Schifahrt von Großbrittannien. Hiervon ist auch eine deutsche Uebersetzung heraus.

498.

498.

Da wir in unserer Nachbarschaft einen so wichtigen Kanal haben, so lohnt es sich wohl der Mühe, von diesem hier eine kleine Beschreibung einzurücken.

Seine östliche Mündung geht in der Kieler Fährde, etwa $\frac{1}{2}$ Meile von der Stadt Kiel an. Es läuft bei Holtenau, Knoop und Rathmannsdorf vorbei, unweit Landwehr durch den Flemhuder-See, und bei Forth, mit der sogenannten Obereider vereinigt, nach Rendsburg zu durch die Stadt. Die sogenannte Untereider ergießt sich weiter zwischen Eiderstadt und Dithmarsen unweit Tonning in die Westsee. Der Kanal hat eine Länge von 6852 Ruthen, oder beinahe $4\frac{1}{3}$ Meile, ist durchgehends 10 Fuß tief, 54 Fuß im Grunde, und 100 Fuß auf der Wasserfläche breit. Von der östlichen Mündung bis Rendsburg sind $5\frac{2}{3}$ Meile, und die ganze Wasserfahrt bis zur Mündung der Eyder, beträgt 22 Meilen. Den Theilungspunkt macht der Flemhudersee aus, welcher auch das größte Wasserbehältniß ist. Er liegt $27\frac{1}{2}$ Fuß höher als die Ostsee, und 22 Fuß höher als die Untereider bei Rendsburg. Von der Mündung bis zu diesem See, heben drei Schleusen, bei Holtenau, Knoop und Rathmannsdorf, die Schiffe 9 Fuß 2 Zoll; und von diesem See bis zur Untereider bei Rendsburg, senken drei Schleusen, bei Königsförde und Kluvensick jedesmal 8 Fuß, bei Rendsburg aber zur Fluthzeit 5 Fuß, zur Ebbzeit 7 Fuß 6 Zoll. Die Schleusen sind zwischen den Pforten 117 Fuß 6 Zoll lang, die

Hol-

Holtenauer 27 Fuß 2 Zoll. Die übrigen beinahe 27 Fuß 5 Zoll breit; jede 25½ Fuß tief. Die Aussenseiten der Schleusen sind mit holländischen Klinkern, die Ecken mit bornholmschen Sandsteinen bekleidet, die Scharniere der Schleusenpforten von norwegischen Marmor. Ausser der Rendsburger, haben die andern Schleusen zur Ableitung des Wassers, Nebenschleusen von 16½ Fuß breit; die durch ein fallendes Schott geschlossen und geöfnet werden. Die größten Schiffe, welche durch den Kanal gehen, sind 100 Fuß lang, 26 Fuß breit, und können 9 Fuß 4 Zoll tief gehen. Sie halten etwa 90 Commerzlast. Siehe umständlich hierüber nach: Handbuch der schleswig-holsteinischen Landeskunde, von A. Niemann, Professor zu Kiel. Erster Theil, Schleswig, 1799, in 8vo.

499.

Deutschland erhielt durch Friedrich den Großen, Churfürsten von Brandenburg, im 17ten Jahrhundert, Kanäle, besonders den Friedrichs Wilhelms Graben, wodurch der Anfang mit den brandenburgischen Kanälen überhaupt entstand. In diesem Jahrhundert hat auch Oesterreich, Böhmen und Ungarn nachgeahmet. Ausser Deutschland, legte Peter der Große, im Anfange des vorigen Jahrhunderts, den Ladago Kanal an, der aber nicht völlig zu Stande gekommen ist. In Schweden suchte man die Ostsee mit der Nordsee zu verbinden, und so entstand der Kanal von

Trollhätta, der noch nicht ganz ausgeführt ist, weil der Bau bei Trollhätta gar zu viele Schwierigkeiten im Wege liegt. Die Beschreibung von diesem Kanal findet man hauptsächlich bei Büsch, in dessen Uebersicht des gesammten Wasserbaues, 2n Band. Hamburg, 1796. Auch in Küttners Reisen durch Schweden. Herr Director Woltmann hat erst kürzlich ein klassisches Werk über diesen wichtigen Gegenstand des Kanalbaues überhaupt geliefert.

500.

Bei dem Schleusenbau hat man häufig Gelegenheit, den Druck des Wassers sowohl von der Seite als auf dem Grunde zu berechnen. Denn man kann hier das Wasser als ruhend ansehen. Der Seitendruck kommt erstlich bei den Thüren vor, und kann aus deren Gestalt oder Figur leicht hergeleitet werden. Die Schleusenthüren kommen nicht in einer graden Ebene, die durch die Thür-Angeln gehen, zusammen, sondern sie durchschneiden sich unter einem stumpfen Winkel. Unter dieser Neigung brauchen sie weniger Kraft, als wenn beide in eine grade Ebene fielen. In den neuern Kastenschleusen haben die Thüren, wie schon oben bemerkt worden ist, keine Klappen, sondern die Communication des äussern Wassers, hat der innere Schleusenkasten mit einem Kanal, der aus der innern Seite der Schleuse herauskömmt. Dieser Kanal wird in der Mauer durch ein senkrechtes Schoß verschlossen, und muß mit einer Kraft aufgezogen werden, die dem Seitendrucke, welcher das

Schoß

Schoß leidet, gleich ist. Man berechne es grade so, wie eine Mahlschütze (§ 182. S. 144). Auf dem Grundbau bei einer Schleuse kommt vieles an, und der Druck richtet sich beständig nach der senkrechten Höhe des Wasserstandes über dem Grund der Schleuse. Eine Schleuse von 117 Fuß 5 Zoll lang, und 27 Fuß 5 Zoll breit, hat 10 Fuß Wasser über sich, wird also mit einer Kraft von 1,609,585 Pfund gedruckt, wenn der Cub. Fuß nur zu 50 Pf. gerechnet wird; und der Seitendruck für eine Seite nemlich, besteht aus $\frac{10^2}{2}$. 117 Fuß 5 Zoll = 293,181 Pfund. Nach diesem muß sich dann die Festigkeit des Grundbaues, und des Seitenmauerwerks richten. Der Grund leidet fast immer diesen Druck, aber nicht allemal die Seitenwand der Schleuse.

501.

Ehemals legte man die Thüren, wie wir oben erwähnt haben, bei den Fangschleusen so an, daß beide Flügel, wenn sie die Schleuse schlossen, eine grade Ebene ausmachten. In dieser Stellung druckt aber das Wasser sehr stark, und um diesen abzuhalten, und auch die Thüren leichter zu öffnen, hat man selbige in neuern Zeiten so angelegt, daß sie, bei der Berührung einen stumpfen Winkel einschließen, dessen Spitze gegen den Strom zugekehrt ist. Dadurch geht ein Theil vom Drucke des Wassers verlohren, und die Flügel lassen sich in dieser Lage bequemer be-

wegen. Die Thüren müssen sehr fest gebauet werden, und um sie zu öffnen, bedient man sich entweder der Hebel oder der Erdwinden. Letztere vorzüglich bei grossen Schleusen. Eben diese sind mit einem innern Kanal versehen, der mit zwei Schutzbrettern verschlossen und geöfnet wird, durch welche das Wasser, wie oben bemerkt worden ist, in die Schleuse ein- und ausfließt. Die Schutzbretter werden mit eisernen Stangen, die gezähnt sind, und in welche ein Stirnrad greift, das mit einer Kürbel bewegt wird, heraus gezogen.

## Maschinen, die theils durch die eigne Schwere das Wasser heben, theils durch eine äussere Kraft dasselbe in die Höhe bringen.

### 502.

Unsere Vorfahren hatten mit Hebewaschinen dieser Art sehr viel zu thun, wie die alten Schauplätze der Maschinen beweisen. Allein ein großer Theil desselben waren nicht viel werth, und entsprachen bei weitem ihren Zweck nicht. Daher übergehen wir sie hier ganz, und führen nur blos diejenigen an, welche wir noch gegenwärtig mit Vortheil zum Schöpfen und Heben des Wassers gebrauchen. Dahin gehört

1) die archimedische Wasserschraube. Um eine ziemlich starke Welle AB (Fig. 94. Tab. XI.) die mit einer Kürbel C herumgedrehet wird, ist ein hölzerner

Vor-

Vorschlag von Brettern DEFG, gemacht, der noch von einem andern hölzernen Kranz, LHIK, umgeben, und einen hohlen Cylinder bildet. Die inwendige Schraube gleicht einer Windeltreppe. Sie wird so befestiget, daß sie mit dem Horizont einen spitzen Winkel macht; der untere Theil derselben steht im Wasser. In dem die Schraube herumgedrehet wird, so schiebt sich das Wasser nach und nach in die Höhe, und läuft endlich oben heraus. Die Axe der Walze kann man unter einem Winkel von 45 bis 60 Grad neigen, und die Umläufe der Schnecke, können mit der Grundfläche etwa einen Winkel von 10 Grad machen. In neuern Zeiten hat man auch den Wasserschnecken eine solche Einrichtung gegeben, daß sie oben keine Decke gegen die Luft haben. Vor einigen Jahren führte man auch diese Art in unsern Marschgegenden ein, um das Wasser aus dem Lande zu mahlen. Die Schnecke, welche, wie man sich leicht vorstellen kann, eine beträchtliche Größe hat, wird bei uns durch eine Windmühle in Bewegung gesetzt. Herr Odemann, Landvoigt auf der hamburgischen Insel Rhetbrock, hat sich um die Einführung und Verbesserung dieser Maschine, viel Verdienst erworben. Allein der Gebrauch der Maschine hat leider bei uns nicht lange gedauert. Wir hatten deren zwei, die aber beide eingegangen und zu Kornmühlen eingerichtet sind. Warum dieses geschehen, können wir keinen Grund angeben. In der Grafschaft Breitenburg im Hollsteinischen, giebt es deren noch einige.

503.

2) Die Schöpfräder. Sie gleichen einem unterschlächtigen Mühlenrade; haben an der Felge des Rades, Kasten oder Eimer, die das Wasser ausschöpfen, und es entweder um den ganzen Durchmesser, oder auch nur um den Halbmesser des Rades, in die Höhe heben. Die Eimer sind gewöhnlich durch Ketten mit einander verbunden, und da diese Ketten bei strenger Kälte leicht springen, so macht man wenig Gebrauch davon. Es giebt aber auch Schöpfräder, die mit Röhren versehen sind, welche von der Peripherie des Rades krumm oder grade gegen die Axe laufen. Sie können durch den Strom des Wassers, aus welchen sie schöpfen, vorzüglich alsdann, wenn sie, als Kunstrad, das Wasser in eine Stadt bringen sollen, getrieben werden. Das ist der Fall mit dem bremischen Schöpfrade, der das Wasser aus der Weser, über 48 Fuß hoch hebt, und es in eine Rinne ausgießt. Der Strom der Weser setzt es in Bewegung. Aber auch durch Thiere und den Wind können sie bewegt werden, besonders wenn sie zur Austrocknung überschwemmter Gegenden, oder zur Ausschöpfung der Schleuse und Kanäle dienen sollen. Zu eben diesem Zwecke dienen auch

504.

3) Die sogenannten Schaufel- odee Wurfräder. An einer Welle befindet sich ein Vierkant, woran 24 bis 28 grade hölzerne Schaufeln in einem etwas schiefen Winkel befestiget sind. Die untere

Hälfte

Hälfte des Rades hat auf beiden Seiten eine hölzerne Verkleidung, in welche hinein unterhalb das Wasser sich von den Orten herziehen kann. Etwa vier Fuß hoch über den Boden wird die Abflußrinne angebracht. Gewöhnlich wird das Wurfrad durch den Wind in Bewegung gesetzt. Von der Art sind die Mühlen in unsern Marschgegenden, auch in Holland. Unsere sind zwei Arten. Die eine heißt Steertmühle, die andere, Hausmühle, letztere ist weit besser eingerichtet als die erste, hebt das Wasser nicht nur höher, sondern mahlt auch stärker, und schafft weit mehr Wasser aus dem Lande.

505.

4) Die Kastenkünste. Kasten oder Eimer, die an einer Kette, oder an einem Seile ohne Ende, angehängt sind, bewegen sich um eine Scheibe oder Welle, und schütten so das Wasser, indem sie über die Welle weggehen, aus. Bei einem veränderlichen Stande des Wassers, sind sie nicht gut zu gebrauchen. Bei dem Ueberschlagen der Kasten über die Welle, zerbrechen sie leicht, und aus diesem Grunde sind die Kastenwerke eben nicht zu empfehlen.

506.

Paternoster- oder Püschelwerke können bei mancher Gelegenheit recht gut gebraucht werden. Eine Kette oder Seil ohne Ende, woran lederne, scharf mit Haaren ausgestopfte längliche oder ganz runde Bälle A (Fig. 95) befestiget sind, die durch eine verti-

cale

cale Röhre B C, davon ein Theil unter Wasser steht, in die Höhe bringen. Die Kette oder das Seil geht oben und unten um eine Scheibe D und E. Beide Wellen gleichen einem Trillinge oder einem Korbe, über welchen sich die Püschel überschlagen. Die verticale Röhre ist unten mit einer Oefnuug F versehen, durch welche die Kugeln durchgehen, beim Aufziehen das Wasser im Raum G H auffangen, und mit sich in die Höhe nehmen, wo es oben in ein Behältniß ausgegossen wird. Die obere Scheibe kann durch eine Kurbel, oder wenn an der Axe ein Trilling ist, der in ein Kammerad an einer senkrechtstehende Welle greift, auch durch Pferde in Bewegung gesetzt werden.

## 507.

Die Kugeln, besonders diejenigen, welche aus hartem Holz, und mit Leder überzogen sind, machen sehr viel Reibung; die ledernen mit Pferde- und Kuhehaaren ausgestopften Kugeln, reiben sich weniger. Aus dem Grunde ist es besser, wenn man sich ledernen Scheiben mit metallnen Platten bedienet. Diese setzt man aus zwei hölzernen oder metallenen Scheiben zusammen, deren Durchmesser viel kleiner ist, als der Durchmesser der Röhre. Zwischen diesen ist eine starke lederne Scheibe, welche die Röhre genau verschließt, eingeklemmt, und durch eine Schraube befestigt. Diese Art ist bei weitem die beste und dauerhafteste. Soll das Püschelwerk durch Pferde

bewegt

bewegt werden, so treffe man folgende Einrichtung: An der senkrechtstehenden Wellen K L, bringe man das Kammrad M, und den Deichsel N O an. Das Kammrad greift in das Getriebe P, an dessen Axe sich zugleich der Korb befindet, wo sich die Püscheln überschlagen. In gebürgigten Gegenden bedienet man sich oft, um das Püschelwerk zu bewegen, eines horizontalen Wasserrades. Diese Räder sind weit wohlfeiler als die ersten. Es müssen aber Bäche in der Nähe sein, aus welchen man das Wasser durch eine Rinne leicht auf das Wasserrad fallen lassen kann.

508.

Die Paternosterwerke heben das Wasser leicht, und auch ziemlich hoch; leiden aber viel, wenn man diese beständig gebraucht. Die Reibung ist Schuld daran. Gut lassen sie sich da anwenden, wo sie von Zeit zu Zeit nur gebraucht werden. Demnach am besten bei Salzwerken, und auch beim sonstigen Grubenbau. Also haben sie bei einem veränderlichen Zustande des Wassers, einen Vorzug vor den Sauge- nnd Druckpumpen, weil bei letztern die Ausbesserung der Ventile sehr beschwerlich fällt. Statt der gewöhnlichen Pumpen bedienet man sich jetzt auf großem Kriegsschiffen, der Paternosterwerke, die ihren Namen von der Aehnlichkeit erhalten haben, die sie mit dem Rosenkranzen oder dem bekannten Paternoster der Katholiken führen.

509.

509.

Noch müssen wir hier eines nützlichen Hebewerkzeuges erwähnen, welches verdient mehr bekannt zu sein, als es ist. Wir verstehen darunter das sogenannte Schaufelwerk. Es besteht aus einem laugen unten und oben offenstehenden hölzernen Kasten A B, (Fig. 96), der mit seinem untern Theile im Wasser steht. Durch diesen Kasten zieht man die viereckigten hölzernen Schaufeln E, doch ohne Gedränge, durch. Die Schaufeln sind durch eiserne Stäbe, mit Gelenken versehen, oder verbunden. Sie winden sich, wie beim Püschelwerke, über zwei Cylinder oder Körben, davon das eine C oben, das andere D unten im Wasser liget. Die hölzernen Schaufeln nehmen das Wasser oder den Schlamm mit, und giessen oder schütten es oben in eine Rinne aus. Die Bewegung dieser Maschine geschieht auf eben die Art, wie die vorige.

## Anmerkung zur Seite 351.

Im August Stücke des Journals für Manuf. Fabrik. und Handl. finden wir einen Aufsatz von einer neu erfundenen Wasserpresse des Herrn Lüber, die uns, wegen der Einfachheit ihrer Zusammensezzung, verdient, als ein kleiner Auszug, aus der Abhandlung unsern Lesern hier mitzutheilen.

Bei der Kefersteinischen Wasserpresse, ist die Schraube ohne Ende angebracht, welche sich in der Mutter drehet, woran das horizontalliegende Stirnrad befestiget ist. Diese Einrichtung hat Herr Lüber dahin verbessert, daß die Schraube oder Spindel fest steht, und sich die Mutter drehet, woran das Stirnrad befestiget ist, das immer in seiner horizontalen Lage bleibet.

Fig. 97 Tab. VIII stellt die Maschine von oben herab, und insbesondere N M ein Stirnrad vor, in welches die Schraubenmutter der Spindel fest gekeilt ist, und in dessen schief gestellte Kämme die Schraube ohne Ende E D eingreift, die auf die Welle B befestiget ist. Dies wird durch das Stirnrad K L umgedreht, das durch den an Radgrindel A befestigten Triebstock F H bewegt wird. m n ist der oben die Wandsäulen der Presse schließende Querbalken, durch welchen die Schraubenspindel bei O leer hindurch geht. P stellt die Schiebstange vor, durch welche

che die Schraube ohne Ende jedesmal aus den Kämmen des Mutterrades aufgehängt wird, wenn die Pressung vollbracht worden ist.

Fig. 98 Tab. VIII zeigt die Ansicht von vorn. Der Balken n m und der Riegel p q stellen die Stärke vor zwischen welcher das Stirnrad mit der eingekeilten Mutter sich bewegt, und dadurch die Spindel c mit dem Druckbrett P, das in die Wand- oder Preßsäulen eingefalzet ist, zum Niedersteigen bringt, und es liegt besonders das Stirnrad mit seiner Druckscheibe auf dem Riegel q p auf.

Der Maßstab dient zu den vorzüglichsten Theil der Maschine. Der Triebstab hat 20 Stäbe, das Stirnrad K L aber 16 Kämme, und das Rad der Mutter 24, nach dem Steige der Gänge der Schraube ohne Ende, schief gestellte Kämme, von 4 Zoll Stärke und gehöriger Form.

Nach diesen geht also die Schraube ohne Ende E D, grade $1\frac{1}{4}$ mal herum, wenn der Triebstab F H mit dem Wasserrade einmal herumgehet, und 12 Umgänge der Welle B drehen das Stirnrad mit seiner Mutter grade einmal herum, oder 48 Umgänge des Wasserrades geben 5 Umgänge der Mutter, oder durch 48 Umgänge des Rades wird die Schraubenspindel um 5 ihrer Gänge niederwärts bewegt. Wären also die Gänge der Spindel grade 3 Zoll, so würden 48 Umgänge des Rades die Spindel um 15 Zoll niedersteigend machen.

Machte

Machte also das Wasserrad innerhalb einer Minute 16 Umgänge, so würde die Spindel, bei der Stärke ihrer Gänge von 3 Zoll, das Druckbrett innerhalb 3 Minuten um 15 Zoll niederdrücken. Die Presse druckt um so weniger, je steigender die Schraubengänge an der Spindel angelegt worden sind, und überhaupt läßt sich die Stärke des Drucks bei solchen Pressen aus der Geschwindigkeit des Wasserrades und des Hubs der Schraubenspindels beurtheilen. Wäre z. B. der Umfang eines Rades durch den Mittelpunke des Stoßes bei dem Radschaufeln 50 Fuß, und die Höhe eines Schraubenganges bei der Spindel 3 Zoll, so würde bei Lüders Maschine die Pressung über 250 mal größer sein, als der Wasserstoß auf die Radschaufeln, wenn man auch über die Hälfte für die Reibnng abrechnen wollte, so daß also diese Presse auch bei sehr wenigem Wasser noch genügliche Dienste leisten kann.

# Die Uhrwerke, oder die Maschinen, welche durch Federkraft oder Gewicht in Bewegung gesetzt werden.

## 510.

Was die Geschichte dieser künstlichen Werkzeuge betrifft, so findet man das vollständigste darüber in Herrn Hofrath Beckmann Beiträge zur Geschichte der Erfindung im 1sten Bande, 3ten Stück. Uns wird es genügen, wenn wir unsern Lesern nur das Allgemeine davon mitzutheilen suchen.

Die Sonnenuhren waren wahrscheinlich die ersten Werkzeuge, deren sich die Menschen, zur Bestimmung der Zeit, bedienten. Anaximenes soll sie 545 Jahr vor unserer Zeitrechnung, zuerst entworfen haben. Hierauf kamen die Wasseruhren von Ctesibus 240 Jahr v. Christi Geburt, dann die Sanduhren, und endlich die Räderuhren. Die ersten Uhren wurden durch ein Gewicht in Bewegung gesetzt, durch eine Hemmung hielt man das Gewicht vom Fallen zurück. Es waren also Wanduhren. Der Erfinder ist nicht bekannt. Warscheinlich fällt die Erfindung in das 11te oder 12te Jahrhundert. Der berühmte Mönch Gelbert, der als Pabst unter dem Namen von Sylvester den 2ten starb, soll

soll der Erfinder der Schlaguhren sein. Er starb 1003. Anfangs wurden die Uhren blos in den Klöstern gebraucht, nachher führte man sie auch in die Städte ein.

Die Taschenuhren sind entweder im 14ten oder im 15ten Jahrhundert erfunden. Eigentlich ist der Erfinder nicht bekannt. Einige geben den Peter Helen dafür aus, der in Nürnberg Uhren in Eyergestalt gemacht haben soll, daher sie auch den Namen Nürnberger Eyer erhalten haben. Die ersten Taschenuhren waren, wie man sich leicht vorstellen kann, sehr unvollkommen. Statt der Feder brauchten sie eine Darmsaite.

Der berühmte Engländer Hook erfand für die Taschenuhr die Schnecke, und der große holländische Mathematiker Huygens war der Erfinder der Spiralfeder, und der erste, der das Pendel an dem Uhrwerke anbrachte. Derham ließ zuerst das Pendel kleine Bogen beschreiben. Barlow, ein Engländer, erfand im Jahre 1676 die Repetir-Uhren, und Tompion, 1695, ebenfalls ein Engländer, die Cylinder-Uhren.

## 511.

Jede Taschenuhr muß aus folgenden Theilen zusammengesetzt sein. Wir haben diese Theile schon im vorhergehenden in so ferne erklärt, als zur Verständlichkeit der Berechnung eines solchen Werkzeuges nöthig war, und können uns daher so viel kürzer fassen. Siehe Fig. 34. Tab. II.

1) Das Federhaus oder die sogenannte Trommel ist der größte Theil in der ganzen Uhr, und schließt die Feder auf der Axe der Trommel aufgewunden in sich. Die Feder selbst muß aus dem besten Stahl gemacht werden, so wie die Trommel aus dem schönsten Messing. Das Federhaus ist an seinem untern Ende mit einem Sperrade verbunden, in welches ein Sperrkegel greift, und verhindert, daß die Feder, wenn sie aufgewunden ist, nicht leicht wieder zurück gehen kann.

Das Federhaus dienet zum Maßstab der ganzen Uhr, in Hinsicht der übrigen Theile des Werks. Ist das Federhaus $\frac{3}{4} = \frac{12}{16}$ Zoll im Durchmesser, so giebt man den andern Rädern folgende: dem Schneckenrade $\frac{11}{16}$ Zoll; dem großen Bodenrade $\frac{10}{16}$, dem kleinen $\frac{9}{16}$, dem Kronenrade $\frac{8}{16}$ oder $\frac{1}{2}$ Zoll, und dem Steigrade $\frac{1}{4}$ Zoll, wodurch die ganze Uhr eine hinlängliche Größe erhält. Ferner läßt sich aus den Umgängen der Kette um das Federhaus, auch die Feder : Umgängen angeben. Macht die Kette 4 Umgänge, so muß man die Feder $6\frac{1}{2}$ Umgänge geben, nemlich 1 für die Spannung, 4 für das Aufziehen, und $1\frac{1}{2}$, welche noch über bleiben, für die Sicherheit, daß die Feder nicht zerspringe.

Die besten Federn kommen aus England, und werden aus dem schönsten schwedischen Stahl gemacht. Auch aus der Schweitz kommen viele. In Augsburg verfertiget man ebenfalls derselben; sie stehen aber in der Güte den Englischen nach.

512.

2) Das Schneckenrad, oder die Schnecke, die unten mit dem eigentlichen Schneckenrade verbunden ist, welches der Trommel oder dem Federhause an Größe folget. Dieses Rad hat eine schneckenförmige Gestalt, und ist mit sieben oder wenigstens sechs schneckenförmigen Einschnitten versehen. Diese Einschnitte macht der Künstler mit einer eignen Einschnitts-Maschine. Der Abnahme der Federkraft wegen, ist das Rad so ausgeschnitten. Aus der Theorie der Räderbewegung, die wir oben (§. 113.) aus einander gesetzt haben, weiß man, daß, je kleiner der Umfang des Rades, desto größer muß die Kraft sein, die auf dasselbe wirkte, und je größer der Umfang ist, eine desto geringere Kraft braucht man nur anzuwenden. Dies findet zwischen dem Schneckenrade und der Trommel statt. Wenn die Uhrkette ganz aufgewunden ist, so ist die Feder in der Trommel am meisten gespannt, und übt die größte Kraft gegen das Schneckenrad aus. So wie sie aber die Kette abwindet, so nimmt sie auch an Kraft ab, und um diese zu ersetzen, muß daß Rad, nach eben dem Verhältnisse, an Größe oder Umfange wieder zunehmen. Dies geht so fort, bis die Kette sich ganz vom Rade auf die Trommel gewunden hat. Dann ist die Kraft der Feder am kleinsten, und die des Schneckenrades am größten. Auch dieses Rad, worauf die Kraft der Feder zuerst wirkt, wird von gegossenen reinen Messing gemacht. Es kommt in 4

Stunden einmal herum, und hat sie 7 Einschnitte, so läuft die Uhr in 28 Stunden ab. Das Schneckenrad hat 48 Zähne.

513.

3) Das große Boden- oder Stundenrad, liegt mitten in der Uhr, und hat an seiner Axe ein Getriebe von 12 Stäben. Dieses Rad wird von dem Schneckenrade herum getrieben, und zwar nach dem Verhältniß von 48 : 12. Das ist einmal in einer Stunde. Seine Axe geht durch die Pfeiler-Platte, und trägt das Minutenrohr. Diesem folgt

4) Das kleine Bodenrad, das von dem großen herum getrieben wird, und dessen Axe ein Getriebe von 6 Stöcken gewöhnlich hat, kommt also 10 mal geschwinder, daß heißt in 6 Minuten, herum, als das große Bodenrad.

514.

5) Das Kronenrad von 48 Zähnen, hat ein Getriebe von 8 Stäbgen, und geht also 6 mal geschwinder herum, als das kleine Bodenrad, oder in einer Minute einmal. Das Rad bewegt sich parallel mit den Platten der Uhre, seine Zähne müssen auf dem Rande des Rades völlig senkrecht stehen und alle von gleicher Gestalt sein.

515.

6) Das Steigerad, welches das letzte in einer gewöhnlichen Taschen-Uhr ist, wird von dem Kronen-

Kronenrade bewegt, indem dieses, in den Horizontalliegenden Trilling des Steigrades, der aus 6 Stöcken besteht, eingreift; also 8 mal geschwinder herumkömmt, als das Kronenrad, das ist in Zeit von $7\frac{1}{2}$ Seeunden, oder in einer Minute 8 mal. Bei einem Steigerade ist noch folgendes zu bemerken: die Zähne müssen alle nach einer Richtung, das heißt, sie müssrn alle unter gleichen Winkeln schief zulaufen. Wegen der Reibung auf den Spindellappen, müssen sie alle gleich lang, breit und dick sein, und die Spitzen der Zähne müssen alle gleich weit von einander stehen, und nicht zu spitzig sein, damit sie die Spindellappen nicht einschleifen. Da das Steigrad 8 mal in einer Minute herumgeht, und 15 Zähne hat, so vibrirt die Unruhe $240 = 8.30$ mal in einer Minute, das ist, in einer Secunde 14,400 mal.

Hierbei ist noch zu bemerken, das je kleiner die Vibrationen oder Schwingungen sind, desto länger muß das Perpendikul sein. Die Uhrmacher setzen die Länge desselben für 240 Vibrationes, auf $1\frac{1}{8}$ Zoll; für 300, auf $\frac{2}{10}$ Zoll, und für 360 Schwingungen auf $\frac{3}{4}$ Zoll.

Je größer die Unruhe (Balancier) ist, desto weniger Friction hat sie. Um die Wirkung der Wärme und die Kälte für die Spiralfedern zu ersetzen, muß vorzüglich auf die Unruhe gesehen werden. Je schwerer sie ist, desto besser compensirt sie.

Da die Luft auf die Unruhe wirkt, so gebe man selbiger wenig Oberfläche, und dieses erreicht man am besten, wenn die Unruhe aus einem schweren dichten Metalle gemacht wird, z. B. aus dem Golde; doch muß es nicht ganz reines, sondern mit Kupfer legirtes Gold sein. Nun biegt sich dieses Metall nicht so leicht, und wird auch unter dem Hammer dichter. Nächst dem Golde ist das vergoldete Messing am besten. Eisen taugt der Leichtigkeit und auch des Rostes wegen nicht. Ueberdieß wird es vom Magneten angezogen. Die Unruhe muß ein Gewicht von 7 Gran haben, bei einer Länge von 10 Linien.

## 516.

Auf die genaue Eintheilung der Zähne in den Rädern und Getrieben einer Uhr, kommt ungemein viel an, und ist bei den Uhren noch wichtiger als bei dem großen Räderwerke. Die Uhrmacher nennen dieses, wenn die Räder in einander greifen, den Eingriff. Die Zähne derselben werden durch Hülfe der Theilscheibe eingeschnitten. So eine Theilscheibe oder Räderschneidewerkzeug, besteht aus einer messingenen Scheibe von verschiedener Größe, die aus verschiedenen, genau eingetheilten concentrischen Kreisen besteht. Die Scheibe drehet sich um ihren Mittelpunkt in der Runde: und will man ein Rad in einer bestimmten Anzahl Zähne eintheilen, so bringe man das kleine Rad auf die

Theilscheibe, aber concentrisch mit den Cirkeln, und suche den Kreis auf der Scheibe auf, der in so viel Theilen eingetheilet ist, als das Rad Zähne haben soll. Man führt alsdann das Rad herum, und schneidet die Eintheilung durch ein Einschneidrädchen in das Rad ein.

Ist dieses geschehen, so müssen die Zähne weiter ausgearbeitet, besonders Rücksicht auf Größe und Gestalt derselben, genommen werden. Die Zähne müssen so in einander greifen, daß die geringste Reibung entsteht, und die gleichförmigste Bewegung hervorgebracht wird.

517.

Soll dies geschehen, welches eben sehr schwer hält, so müssen die Zähne eine eigne Gestalt haben, die Römer, ein dänischer Mathematiker, am Ende des 17ten Jahrhunderts, zuerst erfunden; hernach aber genauer von de la Hire beschrieben und angewendet worden ist. Ihre Figur kommt mit der obigen beschriebenen Epicycloide überein. Der Uhrmacher bedient sich zu der Bildung dieser Figur einer Maschine, welche beinahe die Gestalt bei dem Zahn hervorbringt. Hartmann und andere mehr, theilen den Raum zwischen 2 Zähne in 7 gleiche Theile, geben dem Zahn $\frac{3}{7}$ dieser Theile zur Breite, und den Zwischenraum $\frac{4}{7}$; der Triebstock erhält ebenfalls $\frac{3}{7}$, und $\frac{1}{7}$ bleibt für den Spielraum übrig. Die Höhe des Zahns ist $\frac{5}{7}$. Der Zahn ist oben vier-

eckigt,

eckigt, muß also gerundet werden, aber nicht nach einem Kreise, sondern nach der Epicycloide, oder einer andern ovalen Linie. Die Getriebe werden alle aus dem reinsten Stahl gemacht.

Das ganze Räderwerk der Uhr kommt zwischen zwei Platten zu stehen, davon die obere die Kloben-, die untere aber die Pfeilerplatte heißt. Beide Platten sind mit 4 Pfeiler an einander befestiget.

518.

Noch ist, bevor wir weiter gehen, ein wichtiges Stück an der Taschenuhr zu bemerken, nemlich die Spiralfedern, die entweder von Huygen oder von Hook zuerst an einer Uhr ist angebracht worden. Sie ist als Regulator anzusehen, und durch sie wird der gleichförmige Gang der Uhr erhalten. Sie hat die Eigenschaft, daß sie, durch irgend eine Kraft von einander gezogen, ihre spiralförmige Gestalt wieder anzunehmen sich bestrebt. Denn mit ihrem einen Ende ist sie an die mit der Unruhe verbundene Spiralfederrolle, mit dem andern Ende an das Spiralfederklöbgen der Uhrplatte befestiget. Beim Vibriren der Unruhe dehnt sie sich wechselsweise aus, und zieht sich vermöge ihrer Elasticität wieder zusammen. Schweift die Unruhe etwas aus, so wird sie mit dieser Feder, die durch den sogenannte Rücker bewegt wird, wieder in Ordnung gebracht. Die Spiralfeder wird aus sehr feinem Strahldrath gemacht.

519.

519.

Alle Taschenuhren müssen, der Reibung wegen, mit Oel eingeschmiret werden. Herr Poppe schlägt zum Einölen der Uhr, ganz reines Provence-Oel vor; andere halten frisches, süßes Mandel-Oel, weil dieses länger flüßig bleibt, als jenes, für besser. Aber bei allen dem ist es schlimm, daß jedes Oel der Temperatur so sehr unterworfen ist, und bekanntlich Wärme und Kälte einen großen Einfluß auf den Gang der Uhr hat. Jene dehnt es aus, und diese zieht es zusammen. Im ersten Fall geht also die Uhr zu geschwinde, und im zweiten zu langsam.

Diese Stöhrung des Gangs der Uhre wird gewißermaaßen wieder durch die Feder compensirt. Denn es ist bekannt, daß die Metalle durch die Wärme eben so wie das Oel, ausgedehnet, und durch die Kälte zusammengezogen werden. Im letzten Fall wirkt aber die Feder am stärksten, und im erstern am schwächsten. Die Wirkungen des Oels und der Feder fallen also ganz entgegengesetzt aus; folglich heben sie sich gegenseitig auf.

520.

Ausser dem Hauptwerke hat jede Uhr noch ein vorgelegtes Werk, welches die Zeiger der Uhr regiert oder bewegt. Ueber die Einrichtung desselben haben wir oben bei den Uhr-Rädern das Allgemeine erwähnt, und auch durch eine Zeichnung angegeben, welche der Leser bei dieser Gelegenheit wieder nachsehen kann. Bei einer Minuten-Uhr giebt man dem Minutenrohr 12 Trieb-

stecken.

stecken, dem Wechselrade 36 Zähne, und dessen Getriebe 10 Stecken, dem Stundenrade 40 Zähne; oder auch dem Minutenrohre 10 Stecken, dem Wechselrade 30 Zähne, und dessen Getriebe 8 Stecken, dem Stundenrade 32 Zähne. Folglich geht das letztere 12 mal langsamer herum, als das erste, das ist, einmal in 12 Stunden.

Ueber das Vorgelegtewerk wird nun das Zieferblatt gelegt, welches mit Hacken oder Füßen in die Pfeilerplatte hineingesteckt, und mit Stiften fest gehalten wird.

## Die Pendel-Uhr.

### 521.

Die Lehre vom Pendel, und die wichtigsten Sätze, die daraus gezogen worden sind, haben wir schon im ersten Abschnitte dieses Bandes erläutert, und so weit es unsere Vorkenntnisse erlaubten, auch bewiesen. Es bleibt uns daher weiter nichts übrig, als noch die Anwendung dieses Werkzeuges bei unsern Gewichts-Uhren, und deren fernern Einrichtungen, kurz hier zu erklären.

Galiläus Galiläi und sein Sohn Vicentius Galiläi, erfanden und gebrauchten zuerst das Pendel als richtiges Zeitmaaß zu astronomischen Beobachtungen, und besonders der letztere (1649) versuchte das Schlagewerk einer Uhr mit einem Pendel zu verbinden. Doch dies wollte ihn nicht gelingen. Huygen führte diesen Versuch im Jahre 1657 aus, und damit das Pendel seine Schwingungen, bei grossen

sen und kleinen Bogen, in einerlei Zeit vollführte, ließ Huygen, das Pendel zwischen zwei Bleche schwingen, die nach einer krummen Linie, welche man die Cycloide oder Radlinie nennt, ausgearbeitet waren. Das Pendel bestand selbst aus einem feinen Drath, der sich an diesen Blechen anlegte, und eben dadurch bei seinen Schwingungen eine Cycloide bildete, und nun vermöge der Eigenschaft dieser Linie, kleine und große Bogen, in einerlei und gleicher Zeit beschrieb. In der Folge fand man doch, daß diese Bleche und das Pendel selbst, den Künstlern viele Schwierigkeiten verursachten, selbige ganz genau nachzumachen. Derham und Hook, zwei Engländer, waren so glücklich, an die Stelle des cycloidischen Pendels, eine andere Vorrichtung zu bringen, die eben so genau schwingte, als die erste.

Hook erfand einen Hacken, der mit dem Pendel so zusammen hing, daß dasselbe genöthigt war, Schwingungen in einem kleinen Bogen zu machen. Der kleine Bogen konnte nicht viel von dem Bogen einer Cycloide abweichen, und mußte ihr also in eben der Zeit beschreiben, als der cycloidische.

522.

Ein Pendel, dessen Schwingungen, Oscillation, (worunter man den Schwung der Linse des Pendels einmal hin und wieder zurück,) versteht, eine Secunde dauerte, muß eine bestimmte Länge haben, die nach Huygen eine Länge von 3 Fuß 8½ Linien Pariser

Maaß

Maaß hat. Unter dieser Länge begreift man die Länge des Pendels vom Anhängungspunkt an, bis zu der Mitte der Linse. Wäre unsere Erde eine vollkommene Kugel, so müßten alle Pendel an jedem Orte der Erde, für eine Secunde Schwingungszeit, von gleicher Länge sein; aber daß dies nicht der Fall ist mit unserer Erde, so fallen auch die Längen der Pendel für die verschiedene Oerter, ungleich aus. Richer hat im Jahre 1671 auf der Insel Cayenne, diese Beobachtung zuerst an einem Pendel angestellet. Er kam mit einer Uhr, die mit einem Pendel versehen war, das genau seine Schwingungen in einer Secunde machte, auf Cayenne an. Wie er den Gang seiner Uhr hier zu beobachten anfieng, so ging die Uhr zu langsam, und er mußte, damit die Uhr wieder recht ging, das Pendel um eine beträchtliche Größe verkürzen. Als er mit eben der Uhr wieder nach Paris zurückkam, so gieng die Uhr viel zu geschwinde, und um richtig zu gehen, mußte er das Pendel wieder verlängern. Hieraus sahe man deutlich, daß die Pendel für die Oerter, welche näher nach den beiden Polen liegen, länger sein müssen, als für diejenigen Oerter, welche in der Nachbarschaft des Aequators liegen. Huygen und Neuton schlossen aus dieser Beobachtung gleich auf die wahre Gestalt der Erde, die in der Folge sich durch würkliche Ausmessungen und mehrere Beobachtungen bestätiget hat."

523.

Ausserdem finden sich noch mehrere Hindernisse, die an den ungleichen Gang des Pendels Schuld sind. Dahin gehört 1) der Widerstand der Luft, 2) die Friction am Anhängepunkt, und 3) der Einfluß der Wärme und Kälte auf die Ausdehnung und Zusammenziehung des Pendels. Um das erste abzuhelfen, muß man der Linse keine breite, sondern eine spitze und scharfe Fläche geben; auch muß sie eine beträchtliche Schwere haben, und einen kleinen Bogen beschreiben. Die beiden letztern Einrichtungen, tragen auch weniger zur Friction des Pendels bei, und heben also auch die zweite Hinderniß auf. Und was den dritten Punkt angeht, so muß man das Pendel aus Materien zusammensetzen, wodurch die Ausdehnung und das Zusammenziehen des Pendels aufgehoben wird, und das Pendel seine Länge unveränderlich behält. Bei den gewöhnlichen Uhren macht zwar dieses nicht viel aus, aber bei astronomischen Uhren, kann es ein beträchtlicher Unterschied in der Zeit hervorbringen.

524.

Graham war der erste, der auf eine Zusammensetzung des Pendels dachte, und glaubte diese in verschiedenen Holzarten zu finden, z. B. in Fichten-, Eben-, Tannen- und Nußbaumholz, weil diese Holzarten, der Länge ihrer Fasern nach, von der Wärme keine starke Ausdehnung leiden. Man schlug auch Pendel von Glas vor, weil das Glas wenig oder

gar nicht von der Wärme ausgedehnet wird. Allein es hält schwer, Glas mit Metall zu verbinden, um eine Röhre an dem Hacken gehörig zu befestigen. Dazu kommt noch die Zerbrechlichkeit des Glases. Alle diese Hindernisse und Schwierigkeiten aus dem Wege zu schaffen, verfiel Graham, auf die Verbindung metallner Stangen.

Die Naturforscher wußten schon, daß sich unter den Metallen einen Unterschied in der Ausdehnung und Zusammenziehung durch Wärme und Kälte findet. Einige dehnen sich weniger aus als andere. Graham nahm demnach 5 eiserne und 4 messingene Stangen, verband diese mit einander, oder setzte sie vielmehr in der Gestalt eines Rostes zusammen. Daher nannte er dieses Pendel auch das rostförmige. Warum er 5 eiserne und 4 messingene Stangen nahm, lag darinn, daß die Wirkung der Ausdehnung in diesen Metallen sich wie 5 : 4 verhielten.

525.

Die eisernen Stangen sind oben an einer Querstange befestiget, und müssen sich also bei ihrer Ausdehnung nach unten zu verlängern. Unten lag wieder eine Querstange, woran die messingenen Stangen befestiget waren, welche dadurch nach oben sich ausdehnen oder verlängern müssen.

Beide Stangen dehnten sich aber, in dieser Zusammensetzung, gleich viel aus, folglich mußte der Pendel nothwendig von gleicher Länge bleiben, und

also auch gleiche Schwingungen machen. Gegenwärtig setzt man zum Gebrauche astronomischer Uhren, nicht so viele Stangen mehr zusammen, sondern nur drei derselben, und richtet eben das damit aus, was man sonst mit 9 ausgerichtet hatte.

526.

Bei dem letzten Rade wird nothwendig eine Hemmung erfordert. So ein Hemmewerk bringt man bei einer Wanduhr eben so gut als bei der Taschenuhr, am Steigerade an. Von dem letztern haben wir schon oben gehandelt; von diesem aber müssen wir hier einiges anführen. Man hat verschiedene Hemmungen (Echappements), worunter die mit dem englischen Hacken, bei einer Pendel, die beste ist.

527.

Die 99ste Fig. Tab. XII. giebt eine Vorstellung von dieser Einrichtung. A ist das Steigerad, und B der Hacken, der um a, mittelst einer kleinen Walze, beweglich ist, oder sich drehen läßt. Der Bogen C, des Hackens B, hat an beiden Enden ein paar Lappen d und e. Wird das Steigerad nun durch das Gewicht der Uhr in Bewegung gesetzt, so drückt der Zahn auf den einen Lappen des Hackens, und setzt ihn mit der Pendel in Bewegung, und indem dieses, mit dem Lappen d vorgeht, so geht der andere von dem Rade ab. Allein, da das Pendel nur einen kleinen Bogen beschreibt, so geht dieser wieder zurück, und nun erfolgt eben das bei e mit dem Rade, was sich vorhin bei d ereignete.

528.

528.

Wir kommen jetzt zu dem Räderwerke einer Pendel: Uhr, und es wird sich ohnstreitig der Mühe lohnen, etwas bei demselben zu verweilen. Folgende sind die Hauptheile jeder Pendel: Uhr. Die bewegende Kraft ist ein Gewicht P (Fig. 100), das von der Walze des Rades A, an einer Darmsaite herunter hängt. Dieses erste Rad heißt daher auch das Walzrad, weil die Walze mit dem Rade einerlei Axe hat. Die Darmsaite kann nur nach der entgegengesetzten Seite, wo das Gewicht herunterhängt, aufgewunden werden. Damit die Walze auf das übrige Räderwerk der Uhr würke, befindet sich an derselben Welle, woran sie befestiget ist, ein Sperrad R, dessen Zähne alle nach einer Richtung gehen und sägenförmig geformt sind. Auf dem ersten Rade befindet sich der Sperrkegel o, der durch die Feder r in die Zähne des Sperrades geschoben wird. Wird die Walze nun gedreht, so geht das Sperrad mit fort, und hört man zu drehen auf, so drückt die Sperrfeder den Sperrkegel in einen Zahn des Sperrades, worinn er von dem Gewichte P festgehalten wird.

529.

Das erste Rad greift in das Getriebe a des zweiten Rades B, das Rad B greift in das Getriebe b, des Rades C, dieses in das Getriebe c, des Rades D, und dieses in das Getriebe d, des Steigrades E. Das letztere kommt in einer Minute einmal herum.

Wie

Wie viel Zähne die Räder erhalten, ist willkührlich. Gesetzt das Rad A habe, wie das Rad B und C, jeder 80, D aber 75 Zähne. Das Getriebe a habe 12, b = 10, c und d, jedes 10 Stöcke, und das letzte Rad E habe 30 Zähne. Multiplicirt man demnach die Zähne der Räder und die Stöcke der Getriebe, und dividirt beide Produkte durch einander, so giebt der Quotient das Verhältniß der Geschwindigkeit des Steigrades zu dem Walzrade an, das ist

$$\frac{80 \cdot 80 \cdot 80 \cdot 75}{12 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10} = 3200.$$

Nun geht das letzte Rad in einer Minute zweimal herum, also muß das erste in 3200 Minuten, oder in 53 Stunden und 20 Minuten herumkommen. Geht demnach die Seite 12 mal um die Walze, so läuft die Uhr, bevor sie wieder aufgezogen werden darf, 12 mal $53\frac{1}{3}$ Stunden = 640 Stunden = 25 Tagen.

## 530.

Zum Schlusse wollen wir hier noch etwas von dem Weiser-Werke einer Pendel-Uhr in einem Auszuge aus Poppens Wörterbuche der Uhrmacherkunst, abgekürzt mittheilen. Das Steigerad kommt in einer Minute einmal herum, hat 30 Zähne, und jeder theilt dem Pendel 2 Vibrationen mit, welches 60 Schwingungen in einer Minute macht, und dieserwegen kann dieses Rad den Secundenzeiger tragen. Die Zapfen der Wellen aller Räder laufen in den beiden Platten XZNN (Fig. 101.). Durch die Platte ZZ

geht

geht das Getriebe c, des Rades D, und ragt noch etwas weiter hervor, um in das Rad M, des Weiserwerks greifen zu können, wo der eine Zapfen desselben in einem kleinen Kloben P liegt. Dies Getriebe muß demnach zwei Räder in Bewegung setzen. Das Rad M hat 80 Zähne, und das Getriebe 10 Stöcke; letzteres macht daher 8 Umgänge, wenn M einen Umgang macht. Das Rad D, welches auf eben der Welle d sitzt, hat 75 Zähne, und d 10 Stöcken, folglich kommt letzteres $7\frac{1}{2}$ mal herum, während D einmal. Das Getriebe d geht in einer Minute einmal herum; folglich braucht D $7\frac{1}{2}$ Minuten dazu. Das Rad D und das Getriebe c machen 8 Umgänge, während M einmal herumkommt; also muß M $= 7\frac{1}{2} \cdot 8 = 60$ mal langsamer herumgehen, als das Rad E, das ist in einer Secunde einmal.

531.

Concentrisch mit dem Rade M, liegt das Rad m, welches eine Röhre hat, woran der Minutenzeiger sitzt. Diese Röhre bewegt sich um eine andere, die bei w sitzt, und durch diese geht der verlängerte Zapfen des Steigrades I. M und m haben daher mit dem Steigerade einerlei Mittelpunkt der Bewegung, und wodurch zugleich alle Zeiger concentrisch werden. Durch diese Lage greift das Rad m in das Wechselrad n, von gleicher Größe wie m, und geht also auch in einer Stunde einmal herum. An dem Rade n, liegt das Getriebe b, welches 6 Stöcken, und das Rad G, 72 Zähne hat, woran eine Röhre ist, in welcher

der

der Stundenzeiger befestiget ist. Dieser geht also in 12 Stunden einmal herum.

Weitläuftiger und ausführender, findet man diese ganze Kunst, sowohl theoretisch als praktisch, in folgenden treflichen Werke beschrieben.

Theoretisch, praktisches Wörterbuch der Uhrmacherkunst, von Johann Heinrich Moritz Poppe, zwei Bände, in 8. Leipz. 1800.

Auser diesem haben wir auch noch folgendes Büchelchen benutzt, das manches gutes und lehrreiches in sich faßt.

Johann Georg Hartmanns nöthiger Unterricht von Verbesserung der Sack-Uhren, Jena 1752.

## Die Dampf-Maschine (Steam engine.)

Siehe Fig. 102. Tab. XIII.

### 532.

Von dieser äusserst wichtigen und nützlichen Maschine ist schon dasjenige, was ihre Erfindung und ihre nachherige Verbesserung betrift, allgemein im Anhange des zweiten Bandes abgehandelt worden. Auch eben (§ 67 — 74) daselbst findet man die Lehre von den Eigenschaften und den Wirkungen der Dünsten oder Dämpfen zweckmäßig erklärt. Hier braucht

also nichts mehr von diesen erwähnt zu werden, sondern wir wollen uns nur bemühen, eine kurze Beschreibung der Dampf-Maschine selbst, in folgenden mitzutheilen. Wir benutzen und entlehnen ein Theil derselben, aus einer kleinen Schrift, die unter folgenden Titel herausgekommen ist:

Kurze Beschreibung des Schönbeckischen Gradirwerks und der dabei angelegten Dampf-Maschine, von Karl Schloenbach. Mit einer Kupfertafel, Magdeb. 1800.

Das übrige und fast das mehrste, theilt uns unsere eigne Beobachtung mit. In verwickelten Rechnungen lassen wir uns hier nicht ein, und wer sich damit beschäftigen will, muß sich mit den Werken Pronys, Langsdorf u. a. m. bekannt machen.

533.

Jede Dampf-Maschine besteht aus folgenden Theilen, die man vorher kennen lernen muß, falls man sich von der Einrichtung und der Wirkung dieser Maschine überzeugen, und andern verständlich machen will. Diese Theile sind: der Cylinder, der Condensator und der Waagebalken oder Balanzier. Der Kessel, worinn die Dämpfe erzeugt werden, ist zwar eben so nothwendig und unentbehrlich, aber ist doch mehr von den vorhin erwähnten Theilen

der

der Maschine abgesondert, und steht nur durch eine Röhre in einer Verbindung mit dem Cylinder. Der Kessel wird nicht ganz, sondern nur zum Theil mit Wasser angefüllt, und so zum Sieden gebracht. So hält der Schönbecker Kessel eine Größe von 700 Cubicfuß, aber nur an Wasser 450 Cub. Fuß.

534.

Das wichtigste und vornehmste Stück ist der aus Eisen gegossener runder Körper, der unter dem Namen des Cylinders bekannt ist. Er hat einen Durchmesser von 3 bis 4 Fuß, und eine Höhe von 8 bis 9 ist oben mit einem runden Deckel verschlossen, durch Fuß. In England gießt man welche, die 6 Fuß im Durchmesser haben. Bis jetzt kann noch keine andere Nation im Guße und in der ganzen Zusammensetzung der Maschine, den Engländern gleich kommen. In diesen wird durch die Gewalt der Dünste, der Kolben auf- und nieder bewegt. Der Cylinder welche die Kolbenstange G q durchgeht, die an einer Kette, von der Gestalt einer Uhrkette, befestiget ist. Sie geht zugleich durch eine Büchse, die verhindert, daß weder Luft noch Dämpfe, oben aus dem Cylinder weichen können.

535.

Von dem Cylinder geht sowohl oben als unten in E und F, ein kleines horizontales Seitenrohr ab, die bidee in Ventil-Kästgen O und P führen. In dem obern liegen zwei Ventile, b und c, in dem un-

tern P, nur eins d. Ueber dem obern liegt noch eine anderer Kästgen, worin die Oefnung ist, in welcher die Röhre, welche aus dem Dampfkessel kömmt, sich endigt, und den Dampf nach allen Seiten zu vertheilen sucht. Die beiden Kästgens O und P sind mit einer Röhre verbunden, welche die Communicationsröhre heißt, und mit W bezeichnet ist.

536.

Aus dem untern Ventilkasten P, der Communicationsröhre m, geht eine andere Röhre, der Condensator, t, in den Kasten EFGH, der mit kaltem Wasser angefüllet ist. Im Kasten verengt sich diese Röhre, krümmt sich und endigt sich in einen Ventil r; zugleich steht sie auch, durch eine andere Klappe, mit der Luftpumpe L M, in Verbindung.

537.

Der Waagebalken oder Balancier G I, ist nach der Seite zu, wo das Wasser oder die Last von der Bewegung der Kolbenstange, gehoben werden soll, allemal schwerer als nach der entgegengesetzten Seite, und macht daher eine schiefe Richtung. An dieser Seite setzt auch der Balken, die Luftpumpe, wie man aus der Figur sehen kann, ebenfalls in Bewegung. Diese schwere Seite kommt auch der Bewegung der Kolbenstange zu Hülfe. Ein solcher Balken hat etwa eine Länge von 25 Fuß.

538.

538.

Was also die Bewegung der Maschine betrift, so kann diese nicht anders geschehen oder vor sich gehen, als wenn alle Theile, die dazu beitragen, von Luft frei, und dafür mit Dämpfen angefüllet sind. Zu dem Ende gehen die Dämpfe, wie schon oben bemerkt worden ist, vermittelst der Dampfröhre, aus dem Kessel, durch die Oefnung a in den Cylinder, und verbreiten sich durch die ganze Maschine, treiben alle Luft heraus, und nehmen deren Stelle ein. Man schließt hierauf das Mittelventil zu, wodurch die Dämpfe verhindert werden, nicht unter den Kolben zu treten, oder sich in D zu verbreiten, sondern nun genöthiget sind, in den obern Theil des Cylinders zu fahren, und so den Kolben V von oben zudrucken. Hiedurch entsteht also die erste Bewegung des Pumpenstempels.

539.

Dies befördert man noch mehr, indem das Ventil bei e und r geöfnet, wodurch Wasser in den Condensator mit Gewalt getrieben, auch durch die Luftpumpe die Dämpfe noch mehr verdichtet werden. Durch diese Vorrichtung ziehen sich die Dämpfe unter dem Kolben in einen weit engern Raum zusammen, und bringen fast einen luftleeren Raum unter dem Kolben, oder in dem Raum D, zu Wege.

540.

Damit die Dämpfe, den Kolben wieder in die Höhe treiben, so werden die beiden Ventile b und d, die oben und unten an der Verbindungsröhre liegen, geschlossen, und die mittlere e geöfnet; so gehen durch diese Klappe die Dämpfe in den Cylinder so hinein, daß sie sich nicht über den Kolben, sondern unter denselben verbreiten.

Jetzt wirken diese mit einer großen Gewalt auf der untern Fläche des Kolbens, und treiben ihn wieder in die Höhe, die Pumpenstange also wieder hinunter. Diese Arbeit wird nun, so lange die Maschine gehen soll, unwiederbrochen, wiederholt. Soll die Maschine still halten, so braucht man nichts weiter als die Klappe, die oben an der Verbindungsröhre liegt, zu verschliessen. Auf das Oefnen und Schliessen der Ventile kömmt auch vieles bei einer solchen Maschine an. Dieses geschieht durch eine sogenannte Steuerung, wodurch die Ventile zu gehöriger Zeit sich selbst öfnen oder schliessen können.

541.

Diese hier kurz beschriebene Maschine ist die neue Erfinbung des Herrn Watt und Bolton, und so sind die Dampfmaschinen in Soho, in den Brauereien in London, an der Seine in Paris, die Maschine in Schönbeck, und die kleinern in Berlin u. s. w. eingerichtet.

Nach

Nach der ersten Erfindung von Newcomen, sprützte das Wasser unmittelbar in den Cylinder ein, um durch Condensirung der Dämpfe D, oder den Raum unter dem Kolben V, luftleer zu machen. Auch war der Cylinder oben offen, und nur das Gewicht der 32 Fuß hohen Säule atmosph. Luft drückte den Stempel nieder, Der Baláncier G I hatte daher kein Uebergewicht in I. Das Nachtheilige dieser Vorrichtung fällt von selbst ins Auge.

Newcomenische Maschinen sind in London bei Chelseu, in Cornwall u. s. w.

Zeichnungen findet man davon in Desaguliers, Martin, Ferguelon und andern Schriftstellern mehr.

Ueber eine neue Dampf-Maschine von einem Nordamerikaner, Rancarrow, erfunden, und zwar zum Behuf, Maschinen Wasser zuzuführen, lese man das Journal f. Fabr. Manuf. und Handl. Monat April, 1802.

Von der gewaltigen Wirksamkeit einer solchen Maschine, kann man sich einen Begriff machen, wenn man weiß, daß bei einem Scheffel Steinkohlen, der darinn verbrannt wird, eine Boltensche Maschine in Birmingham 30 Millionen Pfund Wasser einen Fuß hoch, oder 3 Millionen Pf. Wasser 10 Fuß hoch,

oder 300,000 Pf. Wasser 100 Fuß hoch hebt. Ein Scheffel Steinkohlen leistet auf einer solchen Maschine so viel, als 10 starke Pferde in einer Stunde können; sie treibt 1000 bis 1200 und mehr Spindel in der Baumwollen-Spinn-Maschine, oder mahlt zwischen 11 und 12 Scheffel Waizen in einer Stunde, oder 266 Scheffel Malz in einer Brauerei.

Herr Bolton prägt alle englische Kupfermünzen mit einer Dampf-Maschine, und braucht zu einem kupfernen Pfenning (penny) nur eine Secunde zum Ausprägen.

Bayerische Staatsbibliothek München

Tab.

Tab. II.

Fig. 5.

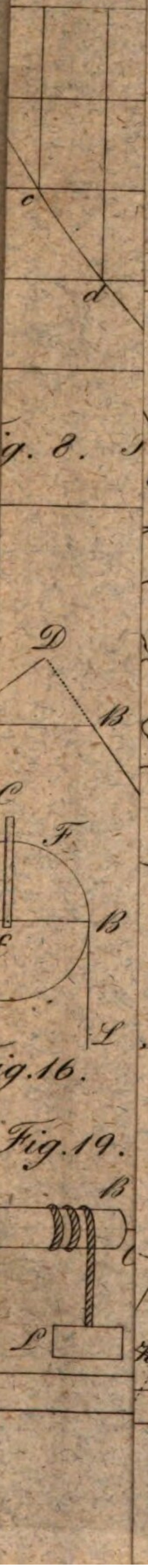



Fig. 8.




Fig. 16.

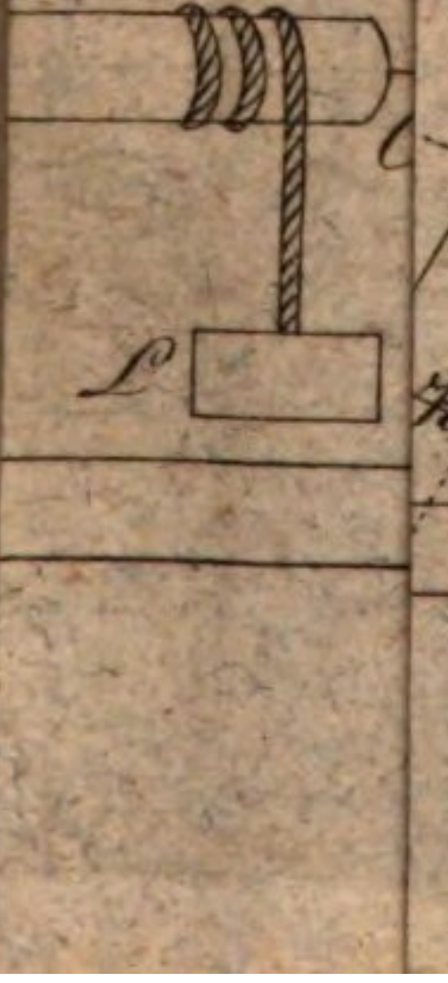



Fig. 19.




Fig. 22.

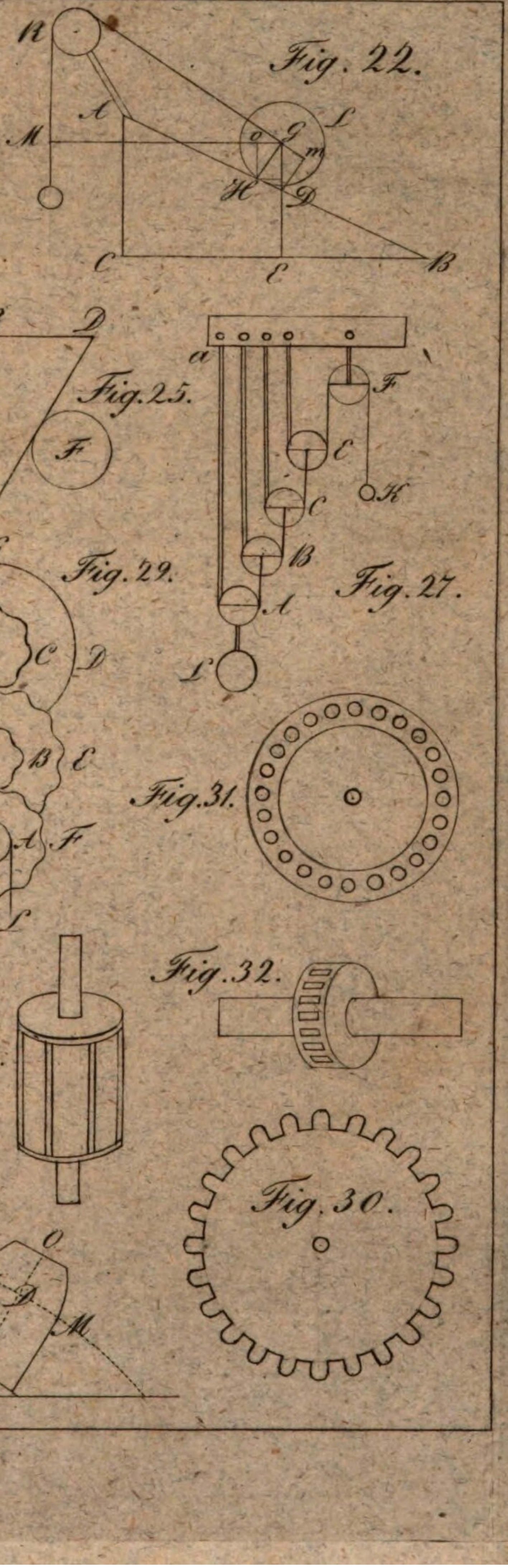



Fig. 25.

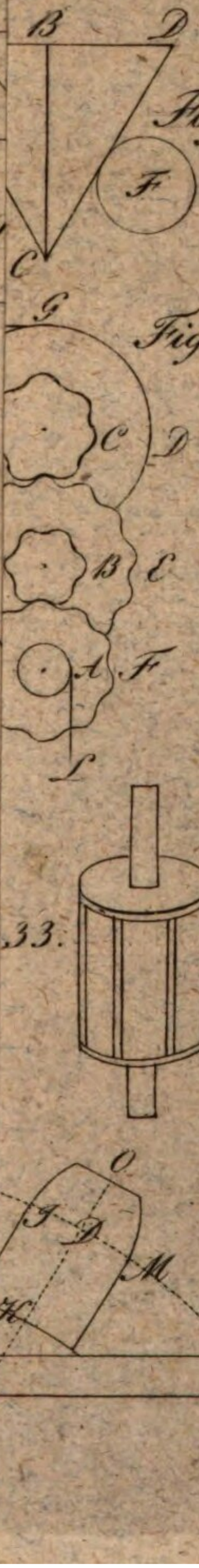



Fig. 29.




Fig. 27.




Fig. 31.



Fig. 32.



Fig. 33.



Fig. 30.

Tab. IV.

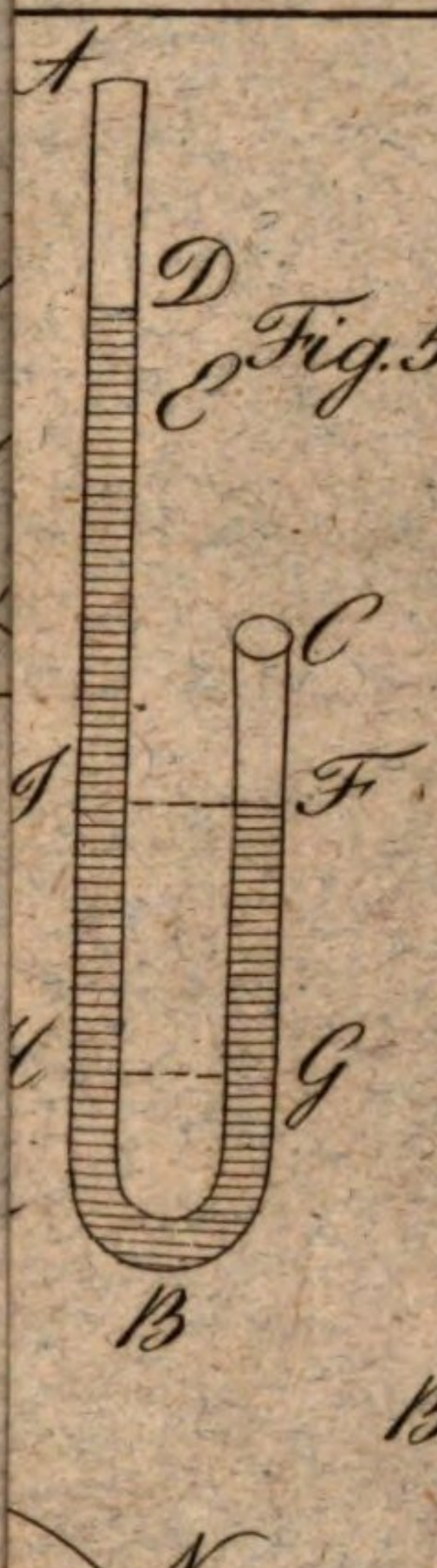



Fig. 51

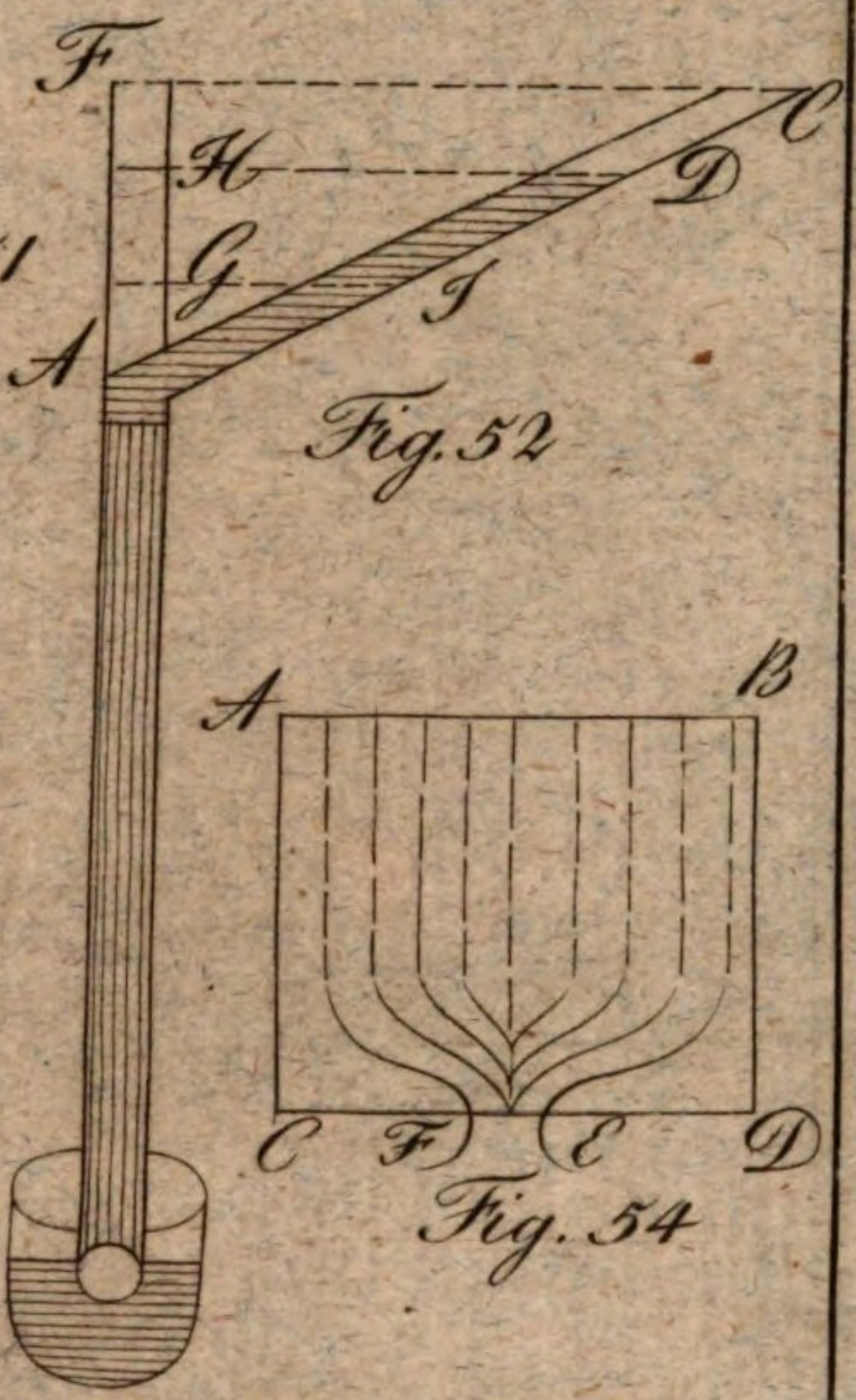



Fig. 52




Fig. 54

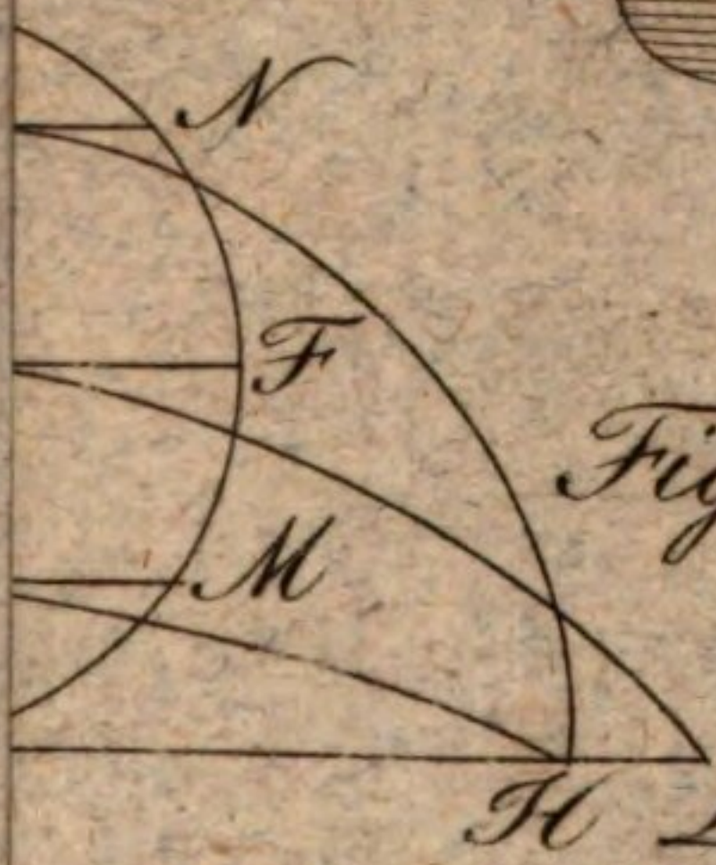



Fig. 55

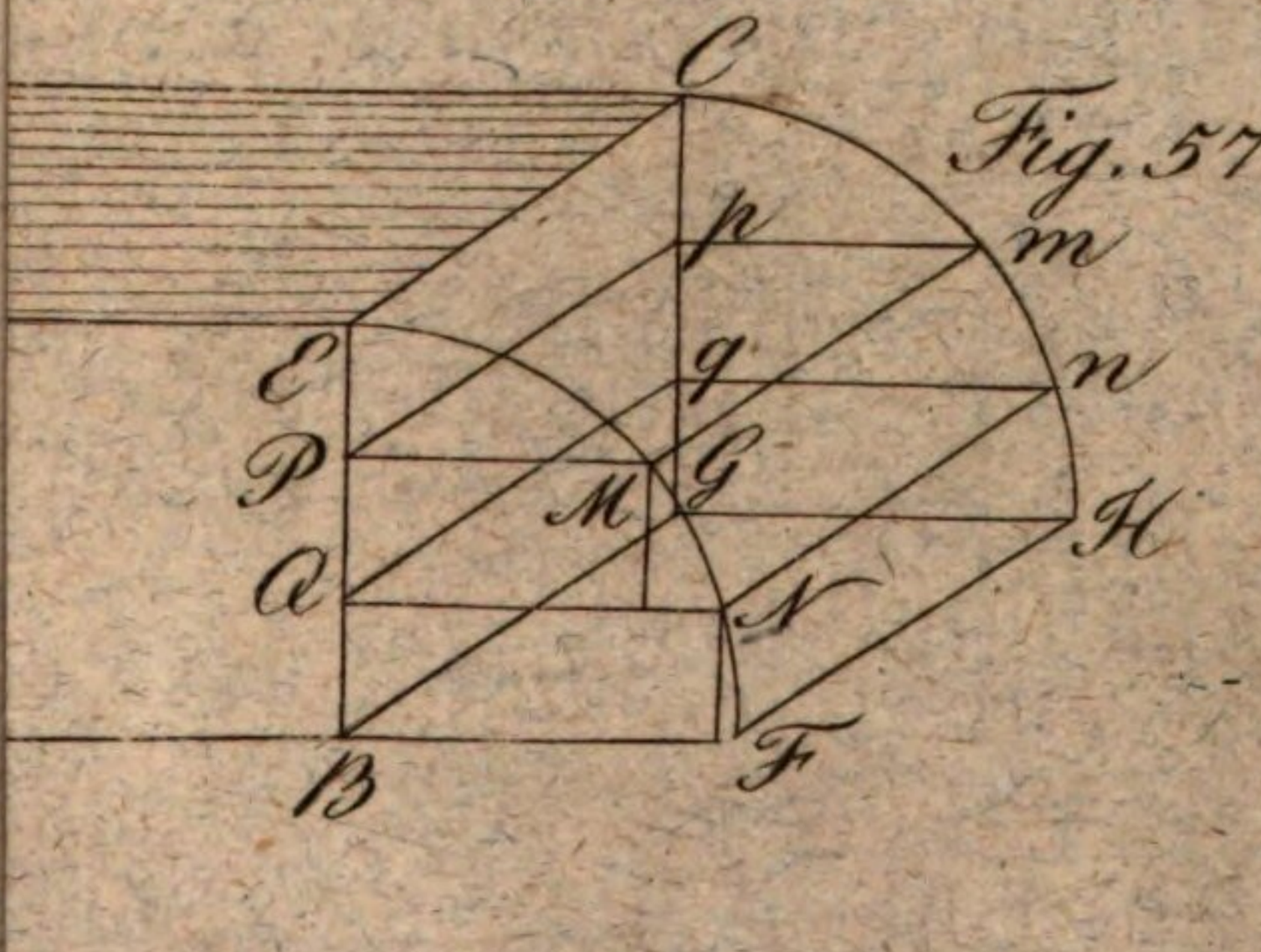
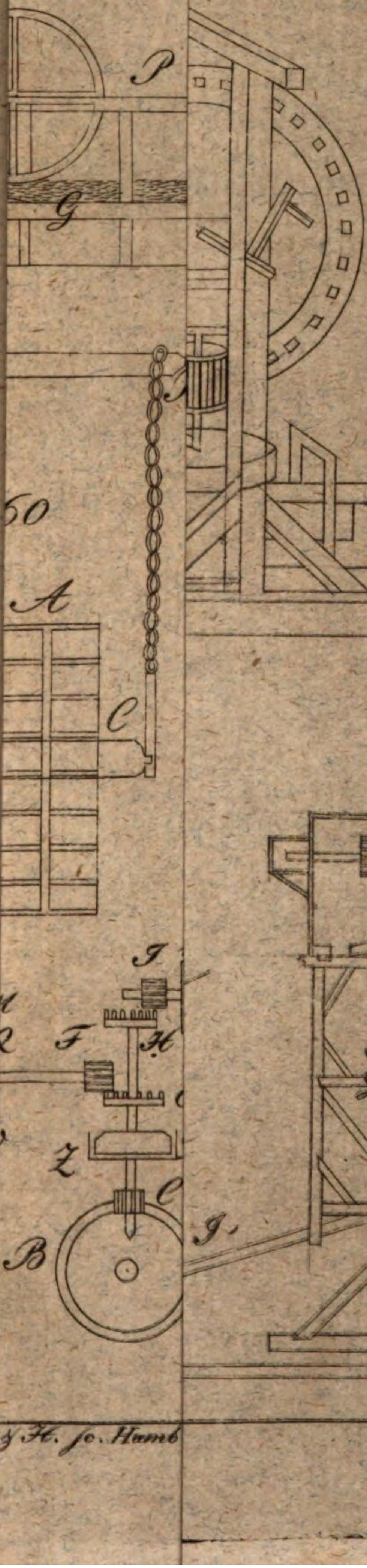



Fig. 57

M:SC:

Tab: V

Tab: VI.




J. H. fc. Hamb

P. & H. fc. Hamb.

Tab: VIII

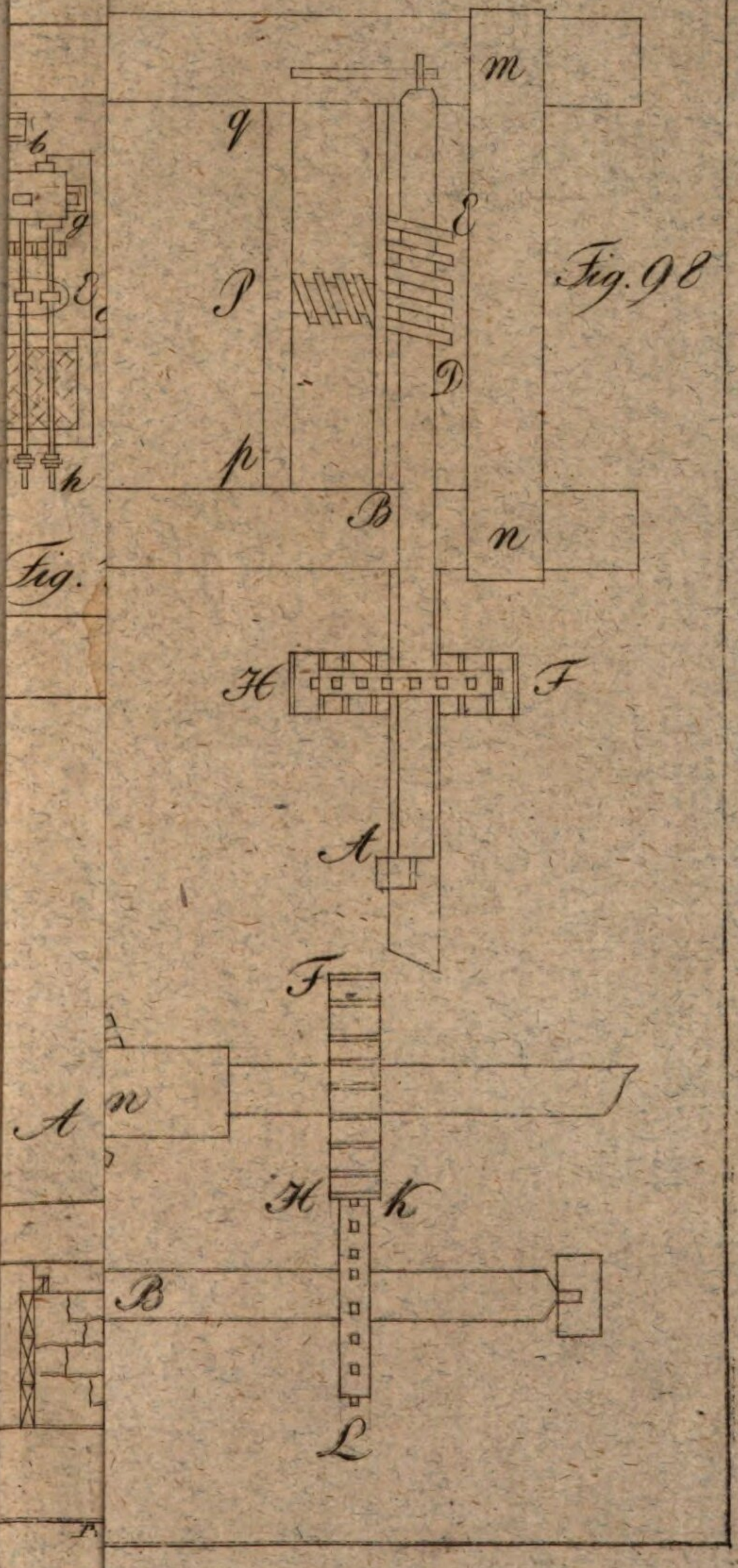
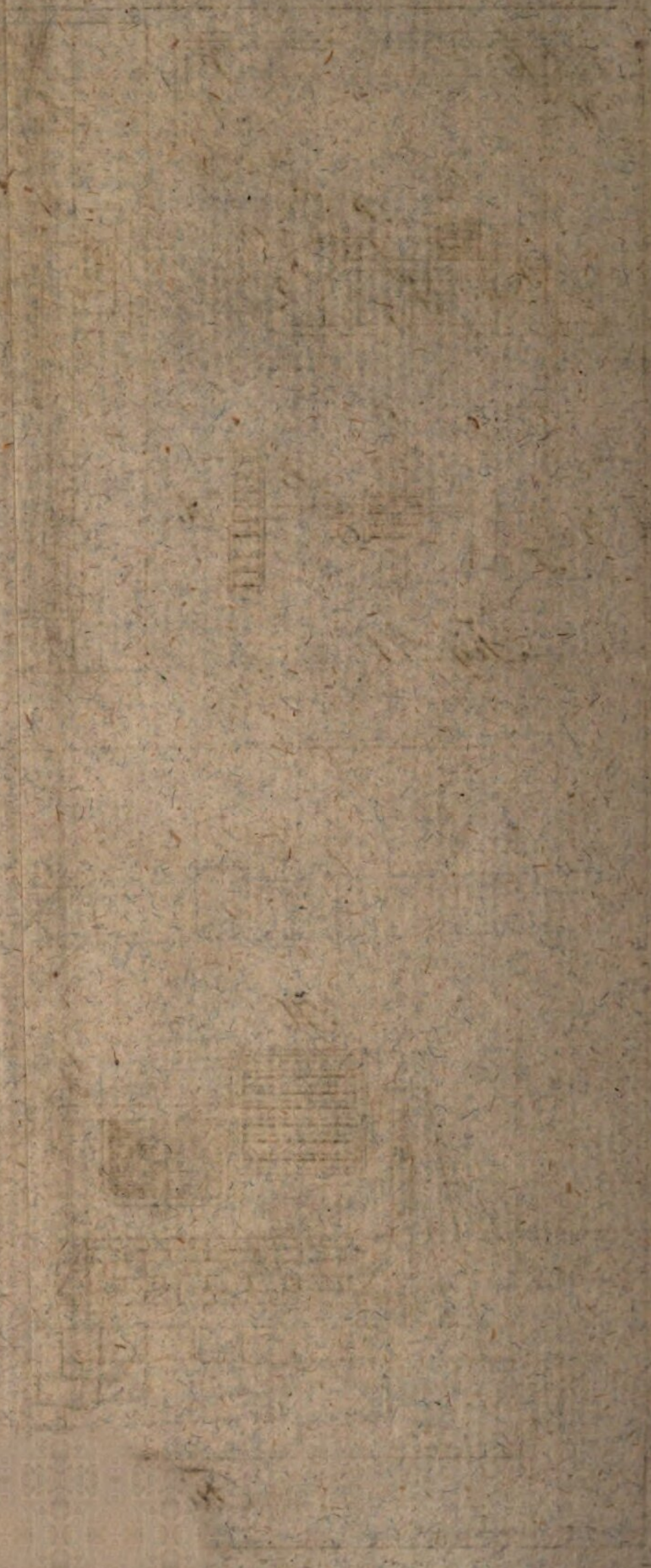



Fig. 98



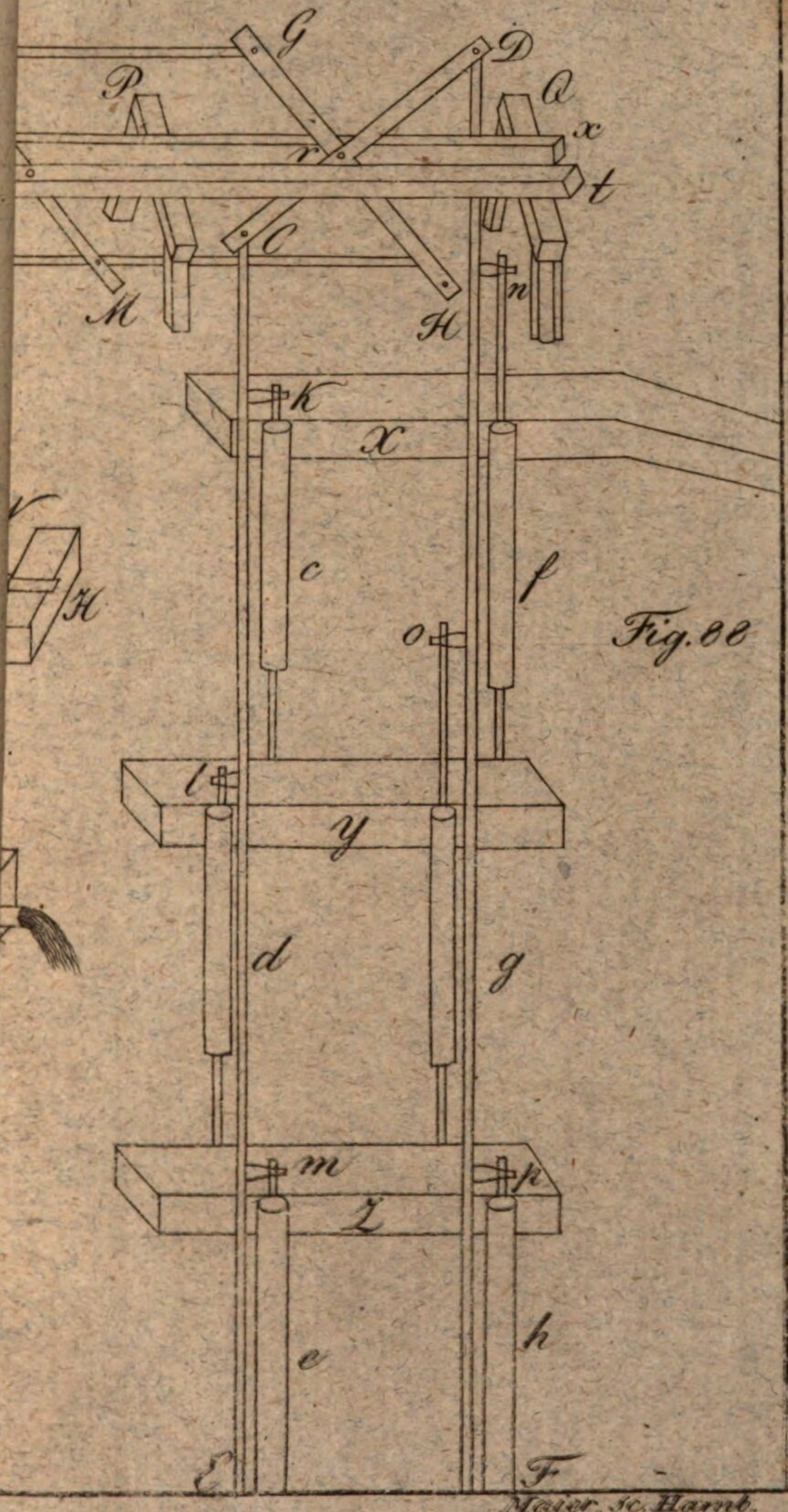
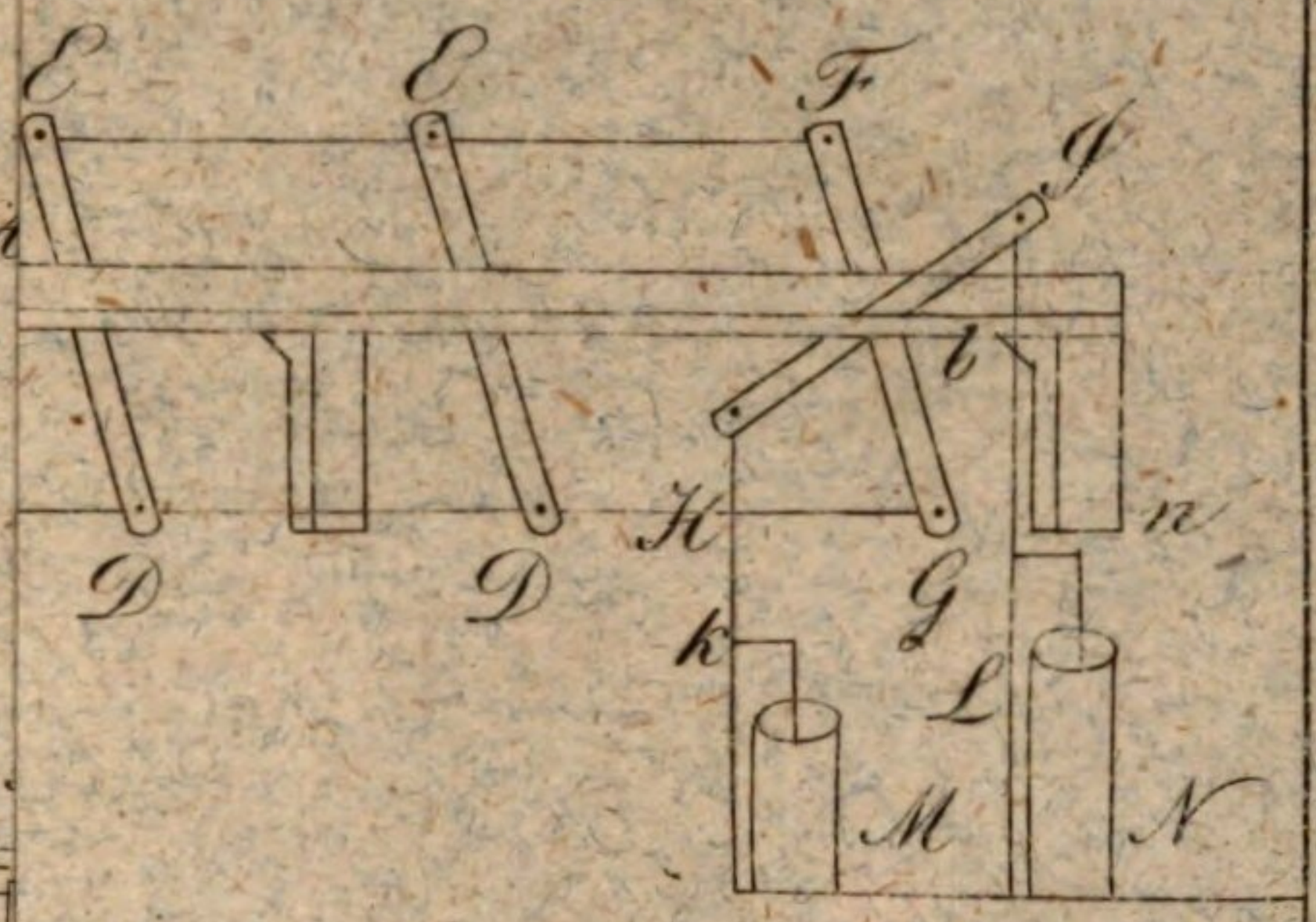
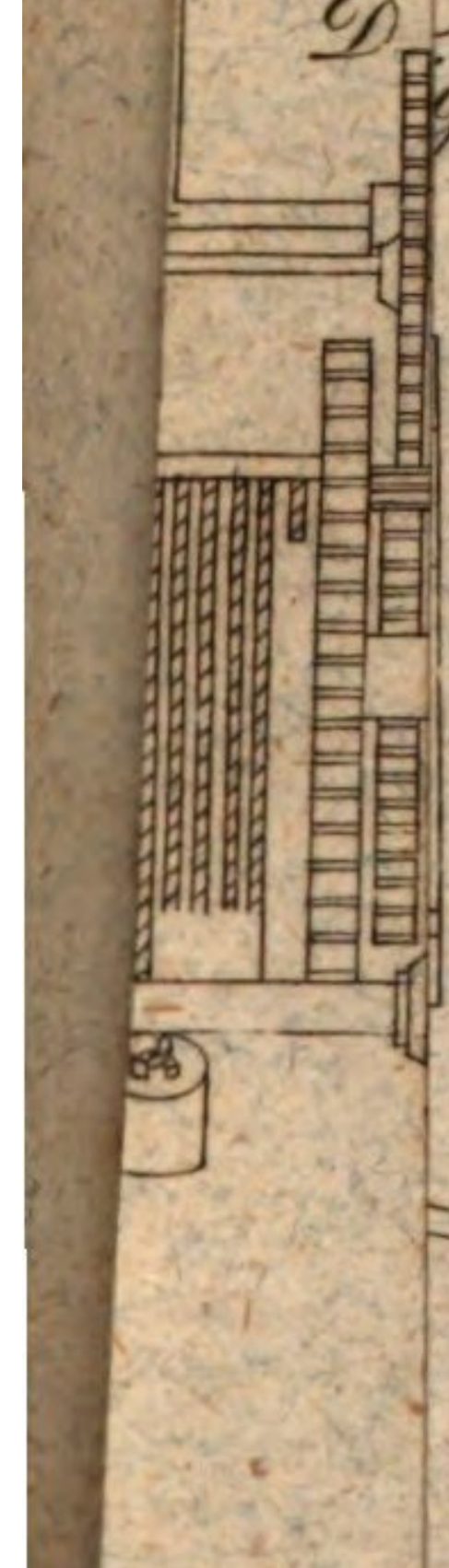



Fig. 88

Maier, sc. Hamb.

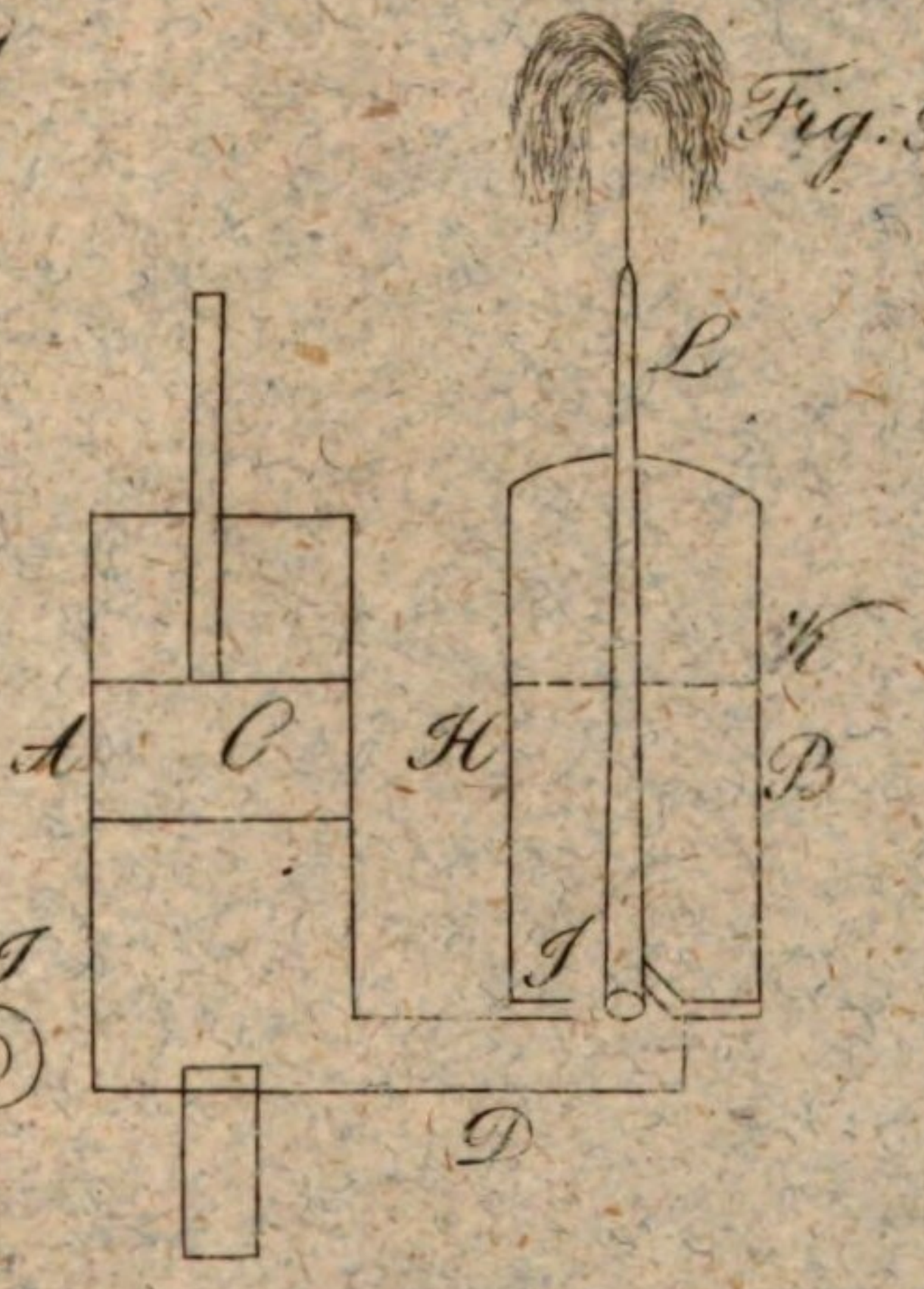
Tab. XI.




g. 91

Fig. 92




93

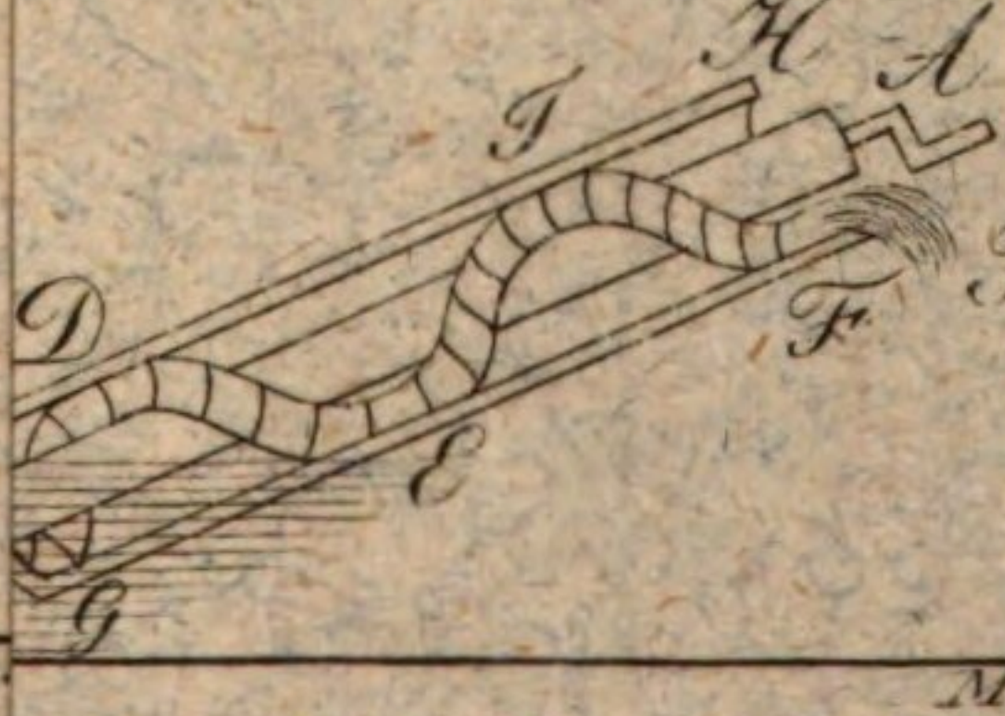
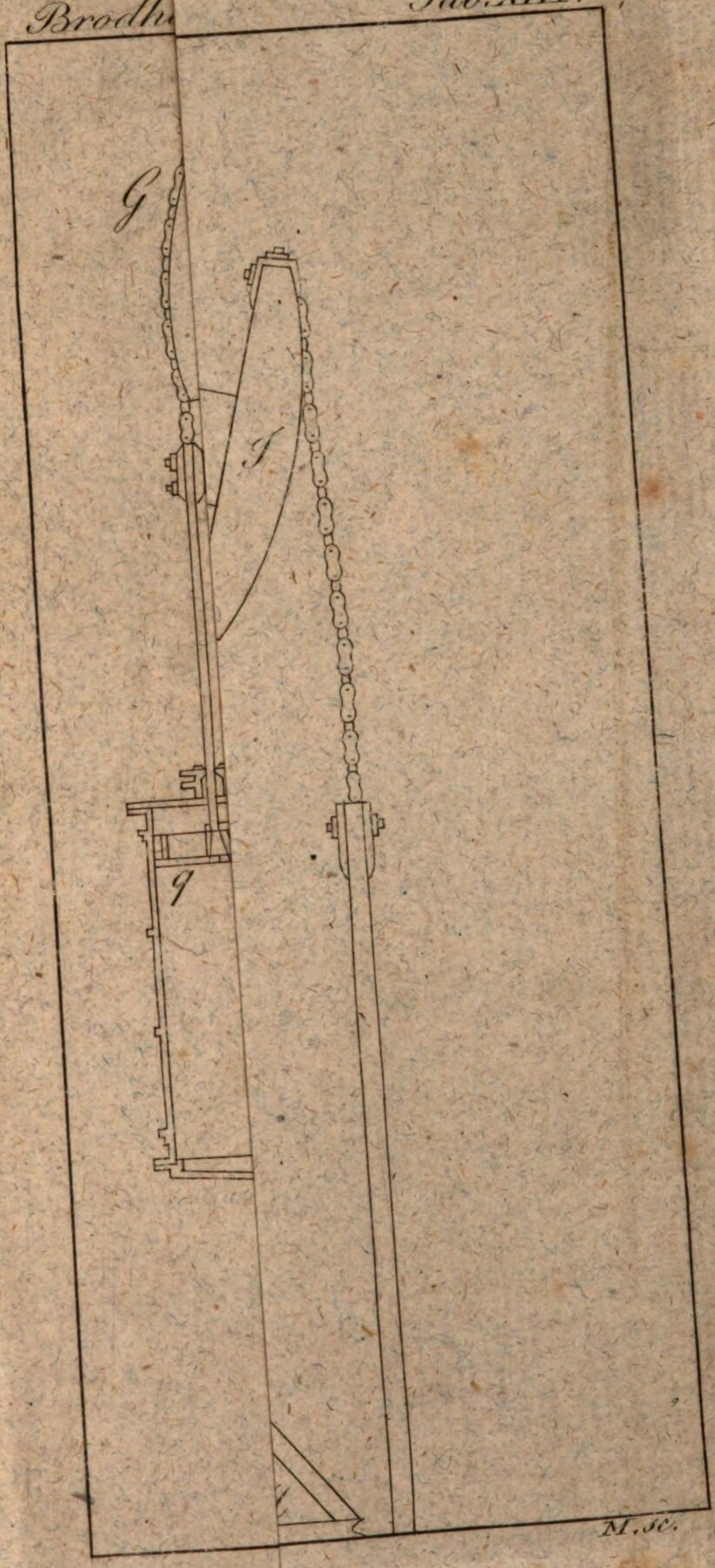



Fig. 94

Maier.

Maier sc. Hamb.

Brodh. Tab. XIII.




M. sc.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Brodhagen, Peter Heinrich Christoph,

Gemeinnützige Encyclopädie für Handwerker, Künstler und Fabrikanten oder die ersten Kenntnisse der Mathematik, Physik, Chemie und Technologie zum Nutzen des bürgerlichen Lebens
Bd.: 3,2

Hamburg 1803

BHS III 34-2
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10708290-6
VD18 15524248-901